



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# OPINTOMATERIAALI RAYCHEMIN LÄMPÖ- JA SULANAPITORATKAISUISTA

TEKIJÄ: Jenna Hyvönen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Jenna Hyvönen			
Työn nimi Opintomateriaali Raychemin lämpö- ja sulanapitoratkaisuista			
Päiväys	22.5.2014	Sivumäärä/Liitteet	94/20
Ohjaajat lehtori Heikki Laininen, yliopettaja Juhani Rouvali			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppanit Pentair Thermal Management, maapäällikkö (Suomi) Eero Laurila			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tehtiin opintomateriaali Raychemin lämpö- ja sulanapitotuotteista ammatti- ja ammattikorkeakouluille. Raychem kehitti 1970-luvulla itsesäätyvän lämpökaapelin, joka säättää lämpötilaansa itse ympäristön lämpötilan perusteella. Kaapelilla ei tällöin ole ylikuumenemisvaaraa ja se soveltuu asennettavaksi myös paloherkkään ympäristöön. Raychem on kehittänyt itsesäätyviä lämpökaapeleita käytettäväksi eri ympäristöihin, kuten lattialämmitykseen sekä putkien ja sadevesijärjestelmien sulanapitoon.</p> <p>Opintomateriaali jaettiin kuuteen osaan aihealueittain. Aihealueet ovat lattialämmitys, lämpimän käyttöveden saattolämmitys, räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapito, putkien sulanapito, ulkoalueiden sulanapito ja teollisuuden lämpökaapelit. Materiaalit toteutettiin PowerPoint-diaesityksinä, joten ne ovat helppokäyttöisiä ja toimivia kouluympäristössä.</p> <p>Materiaaleista tehtiin käytännönläheisiä ja sellaisia, että ammatti- ja ammattikorkeakoulun opettaja pystyy niiden avulla opettamaan aiheesta itsenäisesti opiskelijoille. Materiaalit koottiin pääosin yleistiedoista ja standardeista, mutta materiaaleissa korostettiin ja esiteltiin erityisesti Raychemin tuotteita ja järjestelmiä, ja varsinkin itsesäätyvää lämpökaapelia. Jokaisen materiaalin loppuun tehtiin aiheeseen liittyvä harjoitustehtävä, jonka opiskelija voi suorittaa itsenäisesti.</p> <p>Materiaaleja varten tehtiin myös oma tietokonesovelluksensa, jonka avulla niitä voidaan selata. Sovelluksesta tehtiin helppokäyttöinen ja ulkonäöltään siisti ja jokaisen aihealueen yhteyteen lisättiin Raychemin esitteitä. Lisäksi sovelluksessa on asennusvideoita sekä osio, jossa on ohjeita opettajalle.</p> <p>Lopputuloksena saatiin tietokonesovellus, joka voidaan luovuttaa muistitikulla opettajalle ja jonka opettaja voi asentaa tietokoneelleen. Sovelluksesta materiaalit avautuvat aihealueittain PowerPoint-esityksinä, jotka toimivat useimmissa tietokoneissa. Työtä testataan myöhemmin kouluilla opintomateriaalina. Työn kirjallisessa osassa käydään läpi sähkölämmitystä yleensä sekä tarkastellaan lähemmin lattialämmitystä.</p>			
Avainsanat Lattialämmitys, sähkölämmitys, opintomateriaali			



Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Jenna Hyvönen			
Title of Thesis Study Material on Raychem's Heating and Frost Protection Systems			
Date	May 22, 2014	Pages/Appendices	94/20
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Lecturer, Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Pentair Thermal Management, Mr. Eero Laurila, Landmanager (Finland)			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to produce study material on Raychem's heating and frost protection systems for vocational schools and universities of applied sciences. Raychem developed a self-regulating heating cable that adjusts its temperature by ambient temperature. The cable does not have any danger of overheating and it is suitable for installation in materials that have a danger of overheating. Raychem has developed self-regulating heating cables for use in different environments like underfloor heating and frost protection for pipes and rainwater systems.</p> <p>The study material was divided into six subjects. The subjects were underfloor heating, hot water temperature maintenance, frost protection for gutters and rainwater systems, frost protection for pipes, frost protection for surfaces and industrial heating cables. Materials were produced as PowerPoint shows which means the materials are easy to use and practical in school environment.</p> <p>The materials were made practical and of such a type that they can be taught by teachers of vocational schools and universities of applied sciences without any training. Materials consist of mostly general knowledge and standards but the materials emphasize and present especially Raychem's products of which the self-regulating heating cable was highlighted. At the end of each section there were exercises, which the student can do after having studied the material first.</p> <p>A special application was made for the materials with which the materials can be studied. The application was made easy to use and appropriate by its looks. Raychem's brochures on each subject were inserted in the application. Installation videos were also inserted in the application as well as a help section for the teacher.</p> <p>The outcome of this thesis was a computer application which can be delivered on a memory stick to teachers to be installed on their computer. The materials open up as PowerPoint shows by subjects in the application which works in most of the computers. The study material will be tested later in schools. Electrical heating and underfloor heating are also covered in the theoretical part of this thesis.</p>			
Keywords Underfloor heating, electrical heating, study material			

## ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Pentair Thermal Managementille kevään 2014 aikana. Pentairin yhteistyöhenkilönä opinnäytetyön osalta toimi Eero Laurila, jota haluan kiittää yhteistyöstä ja yleensä koko opinnäytetyöaiheesta. Sain häneltä paljon apua ja tietoa työtä varten. En olisi pystynyt tekemään työstä yksin niin ammattimaista ja asianmukaista kuin se nyt on.

Haluan myös kiittää ohjaavia opettajiani lehtori Heikki Lainista ja yliopettaja Juhani Rouvalia työni ohjauksesta ja kärsivällisyydestä kysymysteni kanssa. Lisäksi haluan kiittää tietotekniikan opiskelijaa Teemu Turusta, joka auttoi minua sovelluksen ohjelmoinnin kanssa.

Lisäksi suuret kiitokset avopuolisolleni ja perheelleni tuesta ja avusta koko opiskelujeni ajalta.

Kuopiossa 22.5.2014

Jenna Hyvönen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	PENTAIR THERMAL MANAGEMENT .....	8
3	SÄHKÖLÄMMITYS.....	9
3.1	Rakennuksen sisäilma .....	9
3.2	Lämpöolot .....	10
3.3	Lämmönlähteen valinta .....	11
3.4	Sähkölämmityksen suunnittelu.....	13
3.4.1	Sisä- ja ulkolämpötilat .....	14
3.4.2	Johtumislämpöhäviöt.....	16
3.4.3	Lämmönläpäisykerroin.....	17
3.4.4	Ilmanvaihdon lämmitystehontarve.....	20
3.4.5	Vuotoilman lämmitystehontarve .....	21
3.4.6	Tunnusluku.....	22
3.5	Määräykset ja standardit .....	23
3.6	Sähkölämmitystavat .....	23
3.7	Sähkölämmitysratkaisuja .....	25
3.7.1	Sähkölämmittimet .....	26
3.7.2	Ilmalämpöpumppu .....	28
3.7.3	Kattolämmitys.....	29
3.7.4	Ikkunalämmitys .....	31
3.7.5	Termostaatit sähkölämmitysjärjestelmässä .....	31
4	LATTIALÄMMITYS.....	34
4.1	Lattialämmityksen historia .....	34
4.2	Lattialämmityksen suunnittelu.....	35
4.3	Määräykset ja standardit .....	36
4.4	Lattialämmitystavat.....	37
4.5	Lämpökaapelit .....	38
4.5.1	Vakiovastuslämpökaapeli .....	39
4.5.2	Itsesäätyvä lämpökaapeli.....	40
4.5.3	Itserajoittuva lämpökaapeli.....	42
4.6	Lämpökaapeleiden käyttökohteet lattialämmityksen lisäksi .....	44

4.7	Lämpökaapeleiden asennus .....	46
4.7.1	Lämpökaapeleiden asennus lattiaan .....	46
4.7.2	Lämpökaapeleiden asennus putkeen .....	47
4.8	Muut lattialämmityssovellukset .....	48
5	OPINTOMATERIAALI RAYCHEMIN LÄMPÖ- JA SULANAPITORATKAISUISTA .....	50
5.1	Opintomateriaalien rakenne .....	50
5.2	Lattialämmitys .....	53
5.3	Lämpimän käyttöveden saattolämmitys .....	61
5.4	Räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapito .....	66
5.5	Putkien sulanapito.....	71
5.6	Ulkoalueiden sulanapito.....	75
5.7	Teollisuuden lämpökaapelit.....	77
5.8	Sovellus .....	85
6	YHTEENVETO.....	91
	LÄHTEET .....	92
	LIITE 1: RAYCHEMIN KAAPELITYYPPIEN VERTAILUA .....	95
	LIITE 2: PIKAVALINTAOPAS, LATTIALÄMMITYKSET (2) .....	96
	LIITE 3: OHJAUSYKSIKKÖ HWAT-ECO TEKNISET TIEDOT (2) .....	98
	LIITE 4: KAKSOISTERMOSTAATTI HTS-D TEKNISET TIEDOT .....	100
	LIITE 5: OHJAUSYKSIKKÖ EMDR-10 TEKNISET TIEDOT (2) .....	101
	LIITE 6: TERMOSTAATIT AT-TS-13 JA AT-TS-14 TEKNISET TIEDOT (2).....	103
	LIITE 7: TERMOSTAATTI RAYSTAT-ECO-10 TEKNISET TIEDOT (2) .....	105
	LIITE 8: TERMOSTAATTI RAYSTAT-CONTROL-10 TEKNISET TIEDOT (2) .....	107
	LIITE 9: PUTKEN ERISTEEN VALINTA .....	109
	LIITE 10: OHJAUSYKSIKKÖ VIA-DU-20 TEKNISET TIEDOT (2) .....	110
	LIITE 11: TRACECALC PRO LASKENNAN TULOKSET .....	112
	LIITE 12: HARJOITUSTEHTÄVÄN TARVIKELUETTELO .....	113
	LIITE 13: SOVELLUKSEN SAATEKIRJE .....	114

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Pentair Thermal Managementin lämmönhallintaratkaisuksista. Pentair Thermal Management suunnittelee ja toimittaa sähkösaattolämmitys-, lattialämmitys- ja sulanapitojärjestelmiä ympäri maailmaa. Yhtiön yksi tunnetuimmista tuotemerkeistä on Raychem.

Raychem järjestää sähköurakoitsijoille tuote- ja asennuskoulutusta, jonka käytyään urakoitsija saa asentamilleen Raychemin lattialämmitystuotteille 20 vuoden takuun. Ilman koulutusta takuu tuotteille on 12 vuotta. Opinnäytetyössä tarkoituksena on tehdä kyseisten kurssien pohjalta opintomateriaali ammatti- ja ammattikorkeakouluihin. Materiaalin tulee kattaa noin yhden työpäivän (kahdeksan tuntia) opintokokonaisuus ja siihen tulee kuulua teoriaa ja harjoitustehtäviä. Opintomateriaalin tulee olla sellainen, että kukin opettaja pystyy itsenäisesti opettamaan sen pohjalta ja valitsemaan materiaalista asiat, joita näkee tarpeelliseksi opettaa. Materiaalissa panostettiin käytännönläheisyyteen teorian sijasta.

Opintomateriaalissa ovat omana osanaan lattialämmitys, lämpimän käyttöveden saattolämmitys, putkien sulanapito, räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapito, ulkoalueiden sulanapito sekä teollisuuden lämpökaapelit.

Materiaalista tehdään oma tietokonesovelluksensa, jonka voi siirtää muistitikulle ja luovuttaa opettajalle. Kun muistitikku laitetaan USB-porttiin, on ohjelma asennettavissa tietokoneelle. Asennuksessa tietokoneen työpöydälle luodaan pikakuvake ja tiedostokansio tietokoneen C-asemalle. Ohjelma avaa oman sovellusikkunansa, josta voi valita opetusmateriaalin aihealueittain. Valittaessa jokin kuudesta aihealueesta sovellusikkunaan aukeaa näkymä, josta voi tutkia Raychemin esitteitä ja tuotteiden pikavalintaopasta tai aloittaa opetusmateriaalin tarkastelun. Opetusmateriaalit on toteutettu PowerPoint-dioina. Lisäksi sovelluksessa on asennusvideoita ja ohjeita opettajalle.

Jatkossa Pentair pystyy tarjoamaan ammatti- ja ammattikorkeakouluopettajille kattavan opetusmateriaalin Raychemin lämmitys- ja sulanapitoratkaisuista. Kyseiselle materiaalille on aiemmin ollut kysyntää oppilaitoksissa.

## 2 PENTAIR THERMAL MANAGEMENT

Pentair Thermal Management (entinen Tyco Thermal Controls) on yli 50 vuotta sitten perustettu Pentair Ltd:iin kuuluva liiketoimintayksikkö, jonka nimissä on yli 300 patenttia. Yhtiö on maailman johtava lämmönhallintaratkaisujen toimittaja. Pentair suunnittelee ja toimittaa teollisuuden, liike- ja asuinrakennusten sekä infrastruktuurialan optimoituja sähkösaattolämmitys-, lattialämmitys- ja sulanapitoratkaisuja. Tuotetarjontaan kuuluu myös paloluokitellut ja muut erikoiskaapelit sekä vuodonilmaisujärjestelmät. Yhtiö tarjoaa myös kokonaisvaltaisia ratkaisuja, jotka sisältävät suunnittelun, tuotteet, tavarantoimitukset, asennuksen ja huolto- ja ylläpitopalvelut. (Pentair Thermal Management 2013a.)

Yhtiö on sitoutunut myös energiatehokkaiden ympäristövaikutuksia vähentävien tuotteiden ja palveluiden suunnitteluun sekä hyväntekeväisyystoimintaan. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Belgiassa, pohjoismaiden myyntikonttori sijaitsee Ruotsissa Mölndalissa ja globaali pääkonttori Houstonissa USA:ssa. (Pentair Thermal Management 2013a.)

Yhtiö toimii maailmanlaajuisesti yli 50 eri maassa ja se työllistää yli 30 000 henkilöä. Vuotuinen liikevaihto on kahdeksan miljardia. Yhtiöllä on yli 500 tuotantolinjaa eri puolilla maailmaa. Pentairin asiakkaisiin kuuluu mm. kaivos-, öljy- ja kaasuteollisuuden, meriteollisuuden, kemian- ja lääketeollisuuden ja rakennusalan yrityksiä sekä energia- ja voimalaitoksia ja vesi- ja jätevesiyhtiöitä. Yhtiön merkittävimpiä tuotemerkkejä ovat Raychem, Pyrotenax, T2, DigiTrace ja TraceTek. (Pentair Thermal Management 2013a.)

Building Infrastructure Solutions (BIS) on yrityksen rakennus- ja infrastruktuurialan ratkaisuihin keskittyvä liiketoiminta, joka tarjoaa pakkaskauden turvallisuus- ja lämmitysratkaisuja julkisiin rakennuksiin ja myymälä- ja toimistorakennuksiin sekä asuintaloihin. BIS-yksikön Euroopan alueen toimitusjohtajana toimii Lasse Alsterberg. Suunnittelun ja tuotemyynnin lisäksi yritys tarjoaa erilaisia koulutusohjelmia. (Pentair Thermal Management 2013a.)

Pentairin tunnetuin tuotemerkki eli Raychem oli aikoinaan oma yrityksensä, kunnes Tyco Thermal Controls osti sen. Myöhemmin Pentair Thermal Management osti Tyco Thermal Controlsista mm. lämpökaapeliosaston, jolloin uudeksi yritysnimeksi tuli Pentair Thermal Management. Raychem kehitti ensimmäisen itsesäätävän sähkösaattolämmityskaapelin 1970-luvulla. Itsesäätävät lämpökaapelit säätävät tehoaan automaattisesti ympäristön lämpötilan mukaan. Kyseiset kaapelit voi katkaista halutun mittaiseksi ja päättää asentaessa, mikä helpottaa järjestelmän suunnittelua, asennusta ja huoltoa. Kaapelit voidaan myös asentaa limittäin ilman pelkoa ylikuumentumisesta. Nykyään Raychem-tuotemerkkiin kuuluu teollisuuden, kaupan ja asuinrakennusalan käyttökohteisiin erilaisia itsesäätäviä sähkösaattolämmityskaapeleita ja -komponentteja. Vuonna 2008 Pentair Thermal Management oli valmistanut Raychem-kaapeleita 300 miljoonaa metriä. (Pentair Thermal Management 2013b.)

### 3 SÄHKÖLÄMMITYS

Sähkölämmitys on käytetyin lämmitysmuoto uusissa pienrakennuksissa ja lämmitystavoista suora sähkölämmitys on kaikkein yleisin. Energiatehokkuusvaatimuksien takia erilaiset lämpöpumpput ovat kuitenkin yleistyneet. Myös saneerauskohteissa päädytään usein sähkölämmitykseen. Ennen sähkölämmityksen suunnittelua tulee selvittää sähköyhtiöiden erilaiset sähkönmyyntituotteet eli tariffit, jolloin voidaan valita itselle sopivin ja edullisin vaihtoehto. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 157.) Tariffit jaetaan kolmeen luokkaan.

Yleistariffilla tarkoitetaan tariffityyppiä, joka koostuu perusmaksusta ja kulutusmaksusta. Kulutusmaksu määräytyy sähköenergian kulutuksen perusteella energiayksikköä kohti. Yleistariffit sopivat parhaiten kuluttajalle, jotka käyttävät vain vähän sähköenergiaa vuodessa eli alle 10 000 kWh. (Energiamarkkinavirasto 2013, 3.)

Aika- ja kausitariffissa on yleensä kiinteä perusmaksu, mutta sähköenergian hinta vaihtelee vuorokauden ja/tai vuodenajan mukaan. Yleisimmät aikatariffien jaottelut ovat päivä- ja yösähkö ja kausitariffi, joka jaetaan talvipäivään ja muihin aikoihin. Aikatariffissa yösähkö on edullisempaa ja kausitariffissa sähkön hinta on korkeampi talvipäivänä eli lämmityskaudella. Jaotteluilla kuluttajan sähkönkäytön ajankohtaa voidaan ohjailla. Aika- ja kausitariffit sopivat parhaiten keskisuurille kuluttajille, jotka kuluttavat sähköä yli 10 000 kWh vuodessa. (Energiamarkkinavirasto 2013, 3.)

Tehotariffissa on usein kiinteä perusmaksu, kulutusmaksu energiayksikköä kohti ja tehomaksu, joka määräytyy käytetyn tehon perusteella. Tehotariffit sopivat parhaiten kuluttajille, jotka kuluttavat paljon sähköä. (Energiamarkkinavirasto 2013, 4.)

#### 3.1 Rakennuksen sisäilma

Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, että riippumatta sääolosuhteista rakennuksen sisäilma on terveellinen, turvallinen ja viihtyisä. Jotta rakennuksen sisäilman vaatimukset täyttyisivät, tulee rakennusta suunniteltaessa ja rakennettaessa useimmiten ottaa huomioon seuraavat asiat:

- kuormitustekijät, joita ovat
  - sisäiset kuormitustekijät
  - ulkoiset kuormitustekijät
- rakennuksen sijainti ja rakennuspaikka (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 5).

Sisäisiä kuormitustekijöitä ovat esimerkiksi lämpö- ja kosteuskuormitukset, henkilökuormat sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien mahdolliset päästöt. Ulkoisia kuormitustekijöitä ovat esimerkiksi sää- ja ääniolot sekä ulkoilman koostumus. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 5.)

Sisäilman vaaditun laadun saavuttaminen tulee varmistaa, kun suunnitellaan ja toteutetaan

- rakennuksen lämpö- ja kosteuseristyksiä
- ikkunoiden ominaisuuksia
- rakennuksen ulkovaipan, alapohjan ja roilojen ilmanpitävyyttä
- tilojen välisten rakenteiden ilmanpitävyyttä
- rakennus- ja sisustusmateriaaleja
- rakennuksen talotekniikkajärjestelmiä
- kosteudenhallintaa rakennusvaiheessa
- ilmanvaihtojärjestelmää
- aikatauluja (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 5).

Vaadittavat ominaisuudet täyttävä sisäilma saavutetaan rakenteellisilla keinoilla, pienentämällä sisäisiä kuormitustekijöitä, rajoittamalla kuormitustekijöiden vaikutuksia sekä käyttämällä ilmanvaihto- ja ilmastointitekniisiä keinoja (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 5).

### 3.2 Lämpöolot

Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, että oleskelutiloissa voidaan ylläpitää viihtyisä lämpötila käyttöaikana, kuitenkin kuluttamatta energiaa tarpeettomasti (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 5). Oleskelutilalla tarkoitetaan aluetta, joka ulottuu huoneen lattiasta 1,8 metrin korkeudelle ja 0,6 metrin etäisyydelle seinistä tai kiinteistä kalusteista tai rakenneosista (Harju 2010, 13).

Sisäilmalla on merkittävä vaikutus ihmisen terveyteen, varsinkin sisäilmalla kotona. Ihminen kokee sisäilman epämiellyttävänä, jos hän kokee vedon tunnetta tai aistii epämiellyttävän hajun. Ihminen aistii lämmön lämpöaistimuksena, johon vaikuttavat ilman lämpötila, pintojen lämpösäteily, ilman kosteus ja virtausnopeus, oma vaatetus ja aktiivisuus sekä lämpötilan muutosnopeus. Esimerkiksi työskenneltäessä raskaasti voi +17 °C olla sopiva lämpötila, mutta kotona se voi tuntua aivan liian viileältä. Kuitenkin jos lämpötilaa nostetaan edes yhden asteen, voi se aiheuttaa 4 – 5 % nousun rakennuksen energiankulutukseen. (Harju 2010, 13.)

Jos lämpötilaa nostetaan arvosta +20...+21 °C korkeammaksi kuin +24 °C, kasvattaa se sisäilmaoireiden määrää jopa 50 % (Harju 2010, 13). Sisäilmaoireita voivat olla esimerkiksi allergiaoireet, limakalvojen kuivuus ja ärtyneisyys, väsymys sekä erilaiset sairaudet, kuten hengitystieinfektiot, astma ja jopa keuhkosityöpä. Lisäksi huono sisäilma aiheuttaa viihtyvyyshaittoja. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Sisäilma kannattaa säätää viimekädessä asukkaan mieltymyksen mukaan. Yleensä huonekohtainen säätö lisää asumisviihtyvyyttä. Tällöin esimerkiksi makuuhuoneessa voi olla matalampi lämpötila, kuin muissa huoneissa, koska nukahtaminen on helpompaa viileämmässä. Myös asukkaan ikä ja aktiivisuus vaikuttavat mieltymyksiin. Aktiiviset lapset tuottavat enemmän lämpöä kuin aikuiset, kun



taas vanhukset, joilla pintaverenkierto ja aineenvaihdunta ovat heikentyneet, voivat tuntea itsensä viluisiksi helpommin. Toiminnastaan riippuen ihminen luovuttaa lämpöä noin 80 W maatessaan, 100 W istuessaan ja 300 W juostessaan. (Harju 2010, 13.)

Vaikka lämpötila olisikin suositeltujen raja-arvojen välissä, ei sen tule vaihdella liian nopeasti, koska se koetaan usein epämiellyttävänä. Lämpötila saisi vaihdella suurimmillaan 1,1 °C tunnissa. Lämpötilan muutosnopeuden tulisi olla alle 0,6 °C tunnissa, eikä lämpötilan tulisi muuttua montaa astetta yhden päivän aikana. Jos lämpötilaero pään ja nilkkojen välillä on yli 3 °C, koetaan se epämiellyttävänä. (Harju 2010, 13.)

On myös huomioitava tilan tarkoitus lämpötilaa mietittäessä. Jos tila on tarkoitettu raskaaseen työskentelyyn työvaatteet päällä, tulee lämpötilan olla alhaisempi, kuin tilassa, jossa työ on kevyttä istumatyötä. (Harju 2010, 13.)

Lämpötilan ollessa liian alhainen, ihminen luovuttaa lämpöä ja tuntee palelevansa. Liian kylmä huoneilma aiheuttaa vedon tunnetta ja aiheuttaa fyysisten toimintojen heikentymistä. Jos alle +18 °C lämpötilassa asutaan kauemmin, se voi aiheuttaa jopa terveydellisiä haittoja. Lisäksi pesutilojen rakenteissa voi ilmetä home- ja kosteusvaurioita. (Harju 2010, 15.)

Vedon tunteella tarkoitetaan tunnetta henkilön kehossa, kun kehon eri osat ovat eri lämpöisiä ja keho luovuttaa lämpöä epätasaisesti. Vetoa voidaan tuntea esimerkiksi talvella, kun rakenteiden pinnat ovat viileitä tai kylmiä. Tällaisia pintoja voivat olla esimerkiksi vanhat ikkunat. Jos vetoa tunnetaan jatkuvasti, se voi aiheuttaa terveyshaittoja. Vedon tunne koetaan yleensä epämiellyttävänä. (Harju 2010, 15.)

Jos lämpötila on liian korkea, se aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta henkilön kehoon ja huonontaa suoritus- ja keskittymiskykyä sekä lisää väsymystä ja tapaturma-alttiutta. Jos lämpötila on huomattavan korkea, se voi nostaa ihmisen sisäosien lämpötilaa aiheuttaen lämpöhalvauksen tai lämpöuupumuksen. Lisäksi lämpötilan ollessa liian korkea, se vapauttaa kaasumaisia epäpuhtauksia sisustusmateriaaleista ja rakenteista, lisää huoneilman kuivuuden tunnetta ja kuluttaa turhaan liikaa energiaa. (Harju 2010, 15.)

### 3.3 Lämmönlähteen valinta

Nykyään on saatavilla useita eri lämmönlähteitä sähkölämmityksen lisäksi. Muita suosittuja lämmönlähteitä ovat esimerkiksi öljy, kaukolämpö ja puulämmitys. Lisälämmitykseksi on myös valittavana useita eri lämmönlähteitä, kuten esimerkiksi tulisijat ja ilmalämpöpumput. Nykyaikana suositaan eri lämmitysjärjestelmien yhdistelmiä, jolloin yleensä saavutetaankin paras lämmitystulos. Lämmitysjärjestelmiä yhdistetään kaksi tai useampia ja niillä katetaan rakennuksen sekä lämpimän käyttöveden lämmitys. Nykyään suositellaan käytettäväksi uusiutuvia energiamuotoja pienempien kasvihuonepäästöjen ja pienempien ympäristöongelmien vuoksi. (Harju 2010, 9.)

Suomessa lämmityskustannukset ovat suuri kustannuserä asumisen aikana. Muita huomattavia energiankuluttajia ovat lämmin vesi, valaistus ja ilmanvaihto. Lämmitysmuodon valinta tulee tehdä huolella, koska lämmitysjärjestelmä on usein osana rakennuksen rakenteita, joten sitä on myöhemmin työlästä muuttaa tai vaihtaa. Lämmitysjärjestelmä on siis vuosikymmeniäkin kestävä hankinta. Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat mm. rakennuksen koko, lämmöntarve ja asukkaiden tottumukset. (Harju 2010, 8 - 9.)

Sähkölämmitykseksi kutsutaan lämmitysmuotoa, jossa lämmitykseen käytettävä energia on sähköä. Perinteisten lämmityskaapeli- ja lämmityselementtijärjestelmien lisäksi järjestelmiä, joissa lämminvesivaraajan sisällä veden lämmittää sähkövastus ja vesi taas lämmittää rakennuksen, kutsutaan sähkölämmitysjärjestelmiksi. Myös ilmalämpöpumppu ja maalämpöpumppu ovat sähkölämmityksiä nimistään huolimatta. (Sähkölämmitysoorumi ry, 3.)

Lämmitysjärjestelmän valinta on helpompaa, kun kyseessä on matalaenergiatalo, joka kuluttaa energiaa vähemmän kuin ns. normitalo. Matalaenergiataloksi kutsutaan taloa, jossa lämmitykseen käytetään enintään 50 % normitalojen lämmitykseen käyttämästä energiasta. Normitalo on taas talo, joka on rakennettu nykyisten rakennusstandardien minimivaatimusten mukaan. Lisäksi on olemassa passiivitalo ja nollaenergiatalo. (Harju 2010, 9.)

Matalaenergiatalossa eristeet ja ilmanvaihto suunnitellaan siten, että lämmityksen tarve on mahdollisimman pieni, jonka jälkeen valitaan lämmitysjärjestelmä. Lämmitysenergian tarvetta voidaan minimoida tehokkaammilla eristyksillä, rakennuksen kuoren ilmavuotojen minimoinnilla, hyödyntämällä auringon energiaa, nykyaikaisilla säädöillä ja energiaa säästävällä asumisella. (Harju 2010, 8 - 9.)

Passiivitaloksi kutsutaan taloa, jonka tilojen lämmitykseen käytetään vuodessa enintään 20 kWh neliömetriä kohti Etelä-Suomessa ja 30 kWh neliömetriä kohti Pohjois-Suomessa. Passiivitalossa rakennuksen kokonaisenergiantarve vuodessa on Etelä-Suomessa 130 kWh/m<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa 140 kWh/m<sup>2</sup>. Passiivitalon ulkokuori on tiiviimpi, kuin normitalossa ja joskus tarpeeksi tiivis rakenne vaatii tehdasvalmistusta. Rakennuksen kuoren ollessa tiivis ilman kylmäsiltoja, on sisälämpötila mahdollista pitää alhaisempana ilman vedon tunnetta. (Harju 2010, 9.) Kylmäsiltoilla tarkoitetaan rakennetta, kuten runkotolppaa, joka ulottuu rakennuksen ulkopuolen tuulensulkulevystä sisäpuolen verhoulevyyn (Harju 2010, 11). Passiivitalossa lämmöntarvetta katetaan keittiön laitteiden, saunan ja muiden mahdollisten lämmönlähteiden tuotolla, jotka sijoitetaan passiivitalossa keskeiseen paikkaan (Harju 2010, 9).

Passiivitalosta tulee nollaenergiatalo, kun se tuottaa itse uusiutuvaa energiaa omiin tarpeisiinsa ja ylikin. Lämpöenergian tuotanto katetaan aurinkopaneeleilla ja tuotettu ylimääräinen energia voidaan myydä sähköyhtiöille kesäkaudella. Lämmityskaudella rakennukseen ostetaan energiaa lämmitystä varten. (Harju 2010, 9.)

Sähkölämmitys sopii rakennustyyppistä riippumatta asuinrakennusten lämmitykseen hyvin. Sähkölämmitys voi olla rakennuksen ainoa lämmönlähde, tai se voi toimia lisälämmönlähteenä, jonkun toisen lämmitysjärjestelmän lisäksi. (Sähkölämmitysfoorumi ry, 5.)

Uusissa omakotitaloissa sähkölämmitys on ollut suosituin lämmitysmuoto jo vuosikymmeniä. Sähkölämmitys on lisäämässä suosiotaan myös vapaa-ajan asuntojen lämmitysjärjestelmänä, koska nykyään vapaa-ajan asunnot halutaan rakentaa ympärivuorokautiseen käyttöön. Uudet rivitalot, jotka eivät kuulu kaukolämmön piiriin ovat yleensä sähkölämmitteisiä. Kerrostalot taas lämmitetään useimmiten kaukolämmöllä. (Sähkölämmitysfoorumi ry, 7 - 6.)

### 3.4 Sähkölämmityksen suunnittelu

Sähkölämmityksen suunnittelu aloitetaan ottamalla selville rakennuksen todellinen lämmitystehontarve. Rakennuksen lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat rakenteiden johtumislämpöhäviöt, ilmavuodot ja ilmanvaihto. Näihin asioihin vaikuttavat mm. kohteen koko, rakenteet, ilmanvaihtojärjestelmä ja sijainti. (ST 55.01 2008, 2.) Lämmitystehontarve muodostuu enimmäkseen lämpöhäviöistä. Lämpöhäviöitä muodostuu rakenteiden läpi johtumalla sekä ilmanvaihtoista, jotka voivat olla hallitsemattomia tai hallittuja.

Lämmitystehontarvetta ei voi suunnitella vanhoihin kokemuksiin perustuen, vaan jokaiselle kohteelle tehdään oma suunnitelma. Nykyään rakennusten lämmöneristysvaatimukset ovat kiristyneet huomattavasti ja joissakin rakennustyypeissä lämmitystehontarve on huomattavan pieni. Tällaisia rakennustyypppejä ovat matalaenergiatalot ja passiivitalot. Myös uudisrakennuksien ja vanhojen peruskorjattavien rakennusten lämpöhäviöissä voi olla huomattavia eroja. Uudisrakennuksessa lämpöhäviöt voidaan laskea rakenteiden kunnon mukaan, kun taas vanhassa peruskorjattavassa kohteessa voidaan käyttää jo ennalta tiedettyjä energian kulutustietoja. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 160 - 161.)

Kohteen jokaisen huoneen lämmitystehontarve lasketaan erikseen. Tämän perusteella valitaan rakennukseen parhaiten soveltuvat lämmityslaitteet, joilla saadaan katettua jokaisen huoneen lämmöntarve. Lämmityslaitteet voivat olla myös huonekohtaisia. Asennettavan lämmitinlaitteen tulee kuitenkin olla lämmitysteholtaan suurempi, kuin huoneen kokonaislämpöhäviöt. (ST 55.01 2008, 2.)

Jos lämmitysteho arvioidaan liian suureksi, aiheuttaa se turhia kustannuksia käytössä ja laitteiden hankinnassa. Ylimäitoitus voi nostaa myös koko kohteen huipputehoa ja liittymisluokkaa liian suureksi. Toisaalta liian pieneksi arvioitu teho ei riitä tilan lämmitystarpeeseen koko lämmityskauden ajaksi. (ST 55.01 2008, 2.) Lämmitystä ohjataan ja säädetään yleisimmin elektronisilla tai mekaanisilla termostaateilla, jotka vastaavat siitä, ettei tiloja lämmitetä liikaa. Tällöin sähkölämmityksen teho ei välttämättä kerro kohteen energiakulutusta.

Kokonaislämmitystehontarve lasketaan kaavasta (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D5 2003, 15):

$$P = \frac{P_j + P_{iv} + P_{vuotoiv} + P_{lv}}{\eta_m} \quad (1)$$

$P$	kokonaislämmitystehontarve, W
$P_j$	johtumislämpöhäviöt rakenteiden läpi ulkoilmaan, maahan ja viereisiin erilämpöisiin tiloihin, W
$P_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitystehontarve, W
$P_{vuotoiv}$	vuotoilman lämmitystehontarve, W
$P_{lv}$	lämpimän käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, W
$\eta_m$	lämmöntuoton hyötysuhde mitoittaessa.

Huone- ja rakennuskohtaisia lämmitystehontarpeita laskettaessa rakennuksen mahdollisia sisäisiä lämmönlähteitä ei oteta huomioon, elleivät ne ole huomattavan suuria ja käytössä jatkuvasti. Myöskään lämpimän käyttöveden lämmitystä ja lämmöntuoton hyötysuhdetta ei huomioida laskettaessa huone- ja rakennuskohtaista lämmitystehontarvetta. Tällöin lämmitystehontarve saadaan kaavasta (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D5 2003, 15):

$$P = P_j + P_{iv} + P_{vuotoiv} \quad (2)$$

Lämpöhäviöt lasketaan pohjapiirustuksen mukaan huonekohtaisesti, jotta osataan valita oikea lämmitysteho joka huoneeseen. Ennen suunnittelun aloitusta kannattaa selvittää huonekohtaiset pinta-alat ainakin niistä huoneista missä on ulkoseiniä. Myös ulko-ovien ja ikkunoiden pinta-alat tarvitaan johtumislämpöhäviöiden laskennassa. Laskettaessa vuotoilman lämmitystehontarvetta tarvitaan lisäksi tilan ilmatilavuus.

#### 3.4.1 Sisä- ja ulkolämpötilat

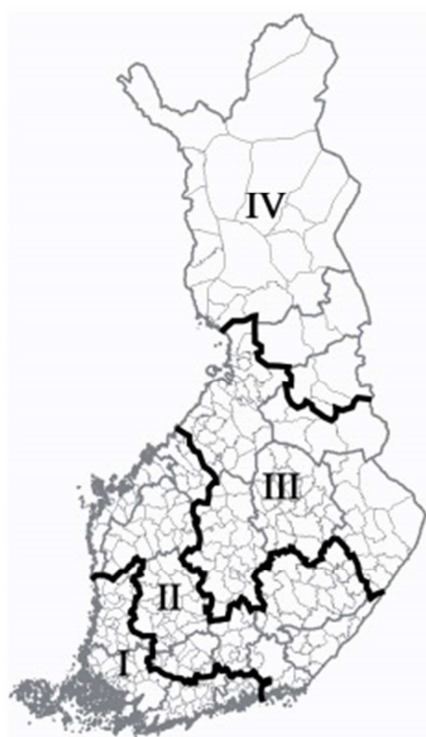
Mitoitettaessa lämmitystä käytetään sisä- ja ulkolämpötiloina mitoittavia lämpötiloja, joiden avulla määritetään rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarve. Mitoittaviin lämpötiloihin vaikuttavat myös lämmitys- ja kesäkausi. Lämmityskaudella tarkoitetaan sitä aikaa, joka alkaa syksyllä keskilämpötilan alittaessa +12 °C ja loppuu keväällä keskilämpötilan noustessa yli +10 °C:n. (Harju 2010, 7.)

Mitoittavana sisälämpötilana oleskelutilassa lämmityskaudella käytetään yleensä arvoa +21 °C ja kesäkaudella oleskelutilassa käytetään lämpötila-arvoa +23 °C. Ohjearvosta voi kuitenkin poiketa perustelluista syistä. Poikkeustapauksiin oikeuttavia perusteltuja syitä on esitetty taulukossa 1. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 6.)

TAULUKKO 1. Ohjearvoja mitoittavalle sisälämpötilalle asuintiloissa poikkeustapauksissa (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012, 6.)

Tila	Huonelämpötila (°C)
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymälä	18
- myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

Ulkolämpötilaan eniten vaikuttaa aurinko. Auringon lämmön vaikutus pienenee tuulen, pilvisyyden ja sateiden vuoksi. Näihin asioihin vaikuttavat kohteen sijainti maapallolla. Koska Suomi on pitkä maa, on jo Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen välillä merkittäviä lämpötilaeroja. (Harju 2010, 7.)



KUVA 1. Suomen lämpövyöhykkeet I - IV (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D3 2012, 29.)

TAULUKKO 2. Eri säävyöhykkeiden mitoittavat ja vuoden keskimääräiset ulkoilman lämpötilat (Suomen Rakentamismääräyskokoelma D3 2012, 29.)

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila (°C)	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila (°C)
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Lämmitystehontarvetta mitoittaessa pyritään lämpöhäviöt laskemaan alhaisimmilla ulkolämpötiloilla. Tämä johtuu siitä, että kylmimmillä ilmoilla lämmitystä tarvitaan kaikkein eniten. Lämmitystehoa suunniteltaessa käytetään suunniteltavan rakennuksen paikkakunnan mitoittavaa ulkoilman lämpötilaa. (ST 55.01 2008, 2.) Suomi on jaettu säävyöhykkeisiin, jotka on esitetty kuvassa 1. Taulukossa 2 on esitetty mitoittavat ja vuoden keskimääräiset ulkoilman lämpötilat säävyöhykkeittäin.

### 3.4.2 Johtumislämpöhäviöt

Rakenteiden sisä- ja ulkopuolen välillä olevat lämpötilaerot aiheuttavat johtumislämpöhäviöitä. Lämmön siirtyminen lämpimästä tilasta kylmempään tilaan tulee ottaa huomioon mitoittaessa. Rakennuksen kuoren johtumislämpöhäviöt lasketaan jokaisesta huoneesta huonekohtaisesti niiltä osin, missä rakennuksen kuori on yhteydessä ulkoilmaan tai muihin erillisiin tiloihin. (ST 55.01 2008, 3.)

Johtumislämpöhäviöt lasketaan erikseen jokaisen huoneen ulkoseinien, katon, lattian, ikkunoiden ja ulko-ovien pinta-alan osalta. Johtumislämpöhäviöt lasketaan kaavasta (ST 55.01 2008, 3):

$$P_j = U * A * (T_s - T_u) \quad (3)$$

$P_j$	johtumislämpöhäviöt rakenteiden läpi ulkoilmaan, maahan ja viereisiin erillisiin tiloihin, W
$U$	lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$A$	laskettavan alueen pinta-ala, m <sup>2</sup>
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C.

Kaavassa 3 lämmönläpäisykerroimen yksikössä lämpötila on esitetty yksikössä kelviniä (K) ja sisä- ja ulkolämpötilat on esitetty celsiusasteina (°C). Tällä ei kuitenkaan ole laskennan kannalta vaikutusta, koska kaavasta lasketaan aluksi lämpötilojen erotus, josta saadaan tietty lämpötilamäärä ja yksi celsiusaste on samansuuruinen kuin yksi kelvin. Lämpötilat voi halutessaan muuttaa kelvineiksi,

mutta sillä ei ole merkitystä lopputuloksen kannalta. Raportissa on jatkossakin käytetty lämpötilojen yksikkönä celsiusastetta, kuten Suomessa on tapana.

Jos rakennuksessa on useampi, kuin yksi kerros, otetaan alimmasta kerroksesta huomioon vain lattian pinta-ala, koska katosta ei ylemmän kerroksen takia tule lämpöhäviöitä. Vastaavasti ylimmästä kerroksesta huomioidaan vain katon pinta-ala, koska lattian johtumislämpöhäviöitä ei tällöin ole.

Yleensä jokaisessa huoneessa on johtumislämpöhäviöitä, mutta jos huone sijaitsee keskikerroksessa eikä huoneessa ole ulko-seiniä, ulko-ovia ja ikkunoita, ei huoneen lämpöhäviöitä oteta huomioon lainkaan. Kun johtumislämpöhäviöt on laskettu kaikista tilan rakenneosista, summataan ne yhteen ja saadaan tilan kokonaislämpöhäviöt.

### 3.4.3 Lämmönläpäisykerroin

Lämmönläpäisykerroin, eli U-arvo, tarkoittaa lämpötehoa, joka tarvitaan neliömetrin kokoista alaa kohden, jotta sisä- ja ulkolämpötilan välinen lämpötilaero pysyisi yhdessä lämpötilayksikössä. Mitä pienempi lämmönläpäisykerroin, sitä parempi on lämmöneristys. Sen yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ . (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 3.)

Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet arvioidaan usein rakennussuunnittelussa, mutta se voidaan myös laskea, jos tiedetään rakennuksen rakenteen eri materiaalien lämmönjohtavuus ja paksuus. Rakennusten seinä-, lattia- ja kattomateriaalit koostuvat yleensä useista eri materiaaleista. Materiaaleja ovat mm. erilaiset pintamateriaalit, lämmöneristys ja kantava rakenne. Jokaisella rakennemateriaalilla on oma lämpövastus. Lämpövastus lasketaan kaavasta (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 5):

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (4)$$

$R$	rakenneosan lämpövastus, $(m^2K)/W$
$d$	rakenteen paksuus, m
$\lambda$	aineen lämmönjohtavuus, $W/(m \cdot K)$ .

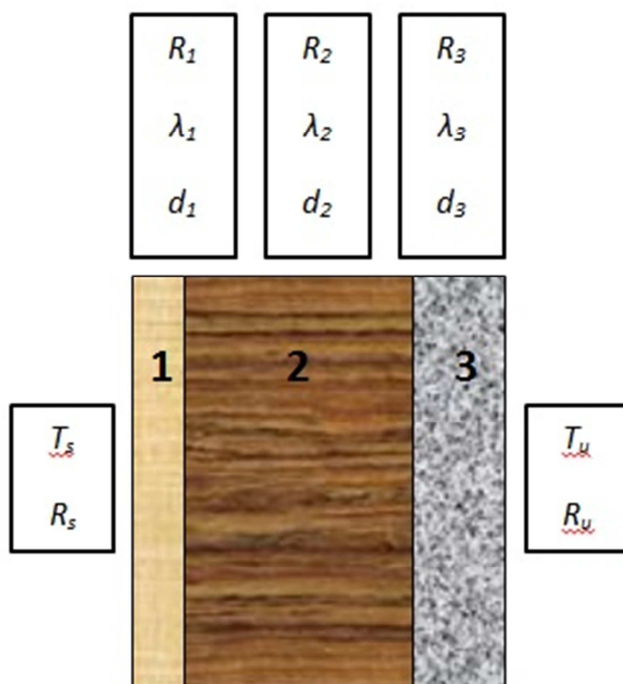
Koska rakenneosassa on useita eri materiaaleja, tulee jokaisen rakenneosan kokonaislämpövastus laskea erikseen, kuten kuviossa 1 on esitetty. Tämän jälkeen saadaan rakenneosan kokonaislämpövastus summaamalla jokaisen rakennekerroksen lämpövastus (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 5):

$$R_{kok} = R_1 + R_2 \dots R_n \quad (5)$$

$R_{kok}$  rakenneosan kokonaislämpövastus, (m<sup>2</sup>K)/W

$R_1 \dots R_n$  eri rakenneosien lämpövastukset, (m<sup>2</sup>K)/W.

Rakenneosan lämmönläpäisykerroin saadaan kokonaislämpövastuksen käänteisarvosta (kaava 6). Laskennassa otetaan huomioon myös ilman ja rakenteen pintojen ylimenovastukset. Sisä- ja ulkopintojen ylimenovastuksien arvoja on nähtävissä taulukossa 3.



KUVIO 1. Esimerkkikuvio rakenteen eri materiaaleista ja niiden lämpövastuksien muodostumisesta (Laininen 2003a, 10.)

Lämmönläpäisykerroin voidaan laskea kaavasta (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 5):

$$U = \frac{1}{R_{kok} + R_s + R_u} \quad (6)$$

$U$  lämmönläpäisykerroin, W/(m<sup>2</sup>K)

$R_{kok}$  rakenneosan kokonaislämpövastus, (m<sup>2</sup>K)/W

$R_s$  sisäilman ja pinnan ylimenovastus, (m<sup>2</sup>K)/W

$R_u$  ulkoilman ja pinnan ylimenovastus, (m<sup>2</sup>K)/W.



TAULUKKO 3. Yleisesti käytettyjä sisä- ja ulkopinnan ylimenovastuksia (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 16.)

Sisä- ja ulkopinnan ylimenovastuksia		
Lämpövirran suunta	$R_s$ (m <sup>2</sup> K/W)	$R_e$ (m <sup>2</sup> K/W)
Vaakataso	0,13	0,04
Ylöspäin	0,10	0,04
Alaspäin	0,17	0,04

Jos lämmönläpäisykertoimia ei ole arvioitu rakennussuunnittelussa tai niitä ei voi laskea, voidaan käyttää lämmönläpäisykertoimien yleisiä vertailuarvoja. Lämmönläpäisykertoimien vertailuarvoja on nähtävissä taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Yleisimpiä normitalon lämmönläpäisykertoimien arvoja (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 6 - 7) ja matalaenergiatalon lämmönläpäisykertoimen arvoja vuodelta 2005 (ST 55.11 2005, 2.)

Rakenneosa	Lämmönläpäisykerroin $U$ (W/m <sup>2</sup> K)			
	Vertailuarvo, lämmin tila	Vertailuarvo, puolilämmin tila	Suurin sallittu arvo	Matalaenergiatalo (2005)
Seinä	0,17	0,26	0,60	0,14
Hirsiseinä	0,40	0,60	0,60	-
Yläpohja, ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09	0,14	0,60	0,1
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17	0,26	0,60	0,15
Maata vastaan oleva rakennusosa	0,16	0,24	0,60	0,15
Ikkuna, ovi, kattoikkuna	1,0	1,4	1,8/2,8*	1,0

\* 1,8 W/m<sup>2</sup>K lämpimässä tilassa ja 2,8 W/m<sup>2</sup>K puolilämpimässä tilassa

Taulukossa 4 lämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jossa normaali lämpötila lämmityskaudella on +17 °C tai suurempi. Puolilämmin tila on tila, jossa ei ole tarkoitus oleskella jatkuvasti ja sen lämpötila lämmityskaudella on +5...+17 °C. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 3.)

Hirsiseinällä tarkoitetaan seinää, jonka hirsirakenteen paksuus on ainakin 180 mm (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 4). Ryömintätilaan rajoittuva alapohja on sellainen, jossa

tuuletusaukkojen määrä on enintään kahdeksan promillea alapohjan pinta-alasta (Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 7).

Matalaenergiatalon lämmönläpäisykertoimen arvot ovat pienemmät, kuin normitalossa. Nykyään matalaenergiatalon U-arvoja ei enää määritellä, mutta vuoden 2005 lämmönläpäisykertoimen arvoja voi vertailla nykyisiin normitalon puolilämpimän tilan lämmönläpäisykerroin-arvoihin.

#### 3.4.4 Ilmanvaihdon lämmitystehontarve

Ilmanvaihdon lämmitystehontarve määritellään ilmanvaihdon ilmavirran perusteella. Ilmanvaihdon ilmavirta eli poistoilmavirta koostuu mitoittaessa tilannekohtaisten olosuhteiden ja sisäilmatavoitteiden perusteella suunnitellusta käyttöajan tehostamattomasta ilmavirrasta. Jos poistoilmavirtaa ei tunneta, voidaan keskimääräisenä arvona käyttää

- asuinrakennuksissa 0,35 – 0,50 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>
- toimistorakennuksissa tai vastaavissa 2 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup> (ST 55.01 2008, 4.)

Aluksi lasketaan poistoilman lämpötilasuhde. Poistoilman lämpötilasuhteena ei tule käyttää laitteen hyötysuhdetta, koska tätä ei saavuteta lämmityskaudella eli kylmimmillä ilmoilla. Lämpötilasuhde lasketaan ottaen huomioon ulkolämpötila, jolloin poistoilman lämpötilasuhde saadaan kaavasta (ST 55.01 2008, 5):

$$\eta_{p,mit} = \frac{(T_s - T_{jäte,mit})}{(T_s - T_u)} \quad (7)$$

$\eta_{p,mit}$	poistoilman lämpötilasuhde
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_{jäte,mit}$	jäteilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C.

Jäteilman lämpötilana voidaan käyttää tavallisissa asuintiloissa arvoa +5 °C, jos tarkempaa arvoa ei ole käytettävissä (ST 55.01 2008, 5).

Tämän jälkeen lasketaan ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö kaavasta (ST 55.01 2008, 4):

$$H_{iv} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,poisto} * (1 - \eta_{p,mit}) \quad (8)$$

$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg*K)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$\eta_{p,mit}$	poistoilman lämpötilasuhde.

Kun ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöt ovat tiedossa, lasketaan ilmanvaihdon lämmitystehontarve kaavasta (ST 55.01 2008, 4):

$$P_{iv} = H_{iv} * (T_s - T_u) \quad (9)$$

$P_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitystehontarve, W
$H_{iv}$	ominaislämpöhäviö, W/K
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C.

Yhdistämällä kaavat 7, 8 ja 9 ilmanvaihdon lämmitystehontarve saadaan suoraan yhdellä kaavalla

$$P_{iv} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,poisto} * \left(1 - \left(\frac{T_s - T_{jäte,mit}}{T_s - T_u}\right)\right) * (T_s - T_u) \quad (10)$$

$P_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitystehontarve, W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg*K)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_{jäte,mit}$	jäteilman lämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C.

### 3.4.5 Vuotoilman lämmitystehontarve

Tuulen ja lämpötilaerojen paine-erot aiheuttavat vuotoilmavirtaa, johon vaikuttavat rakennuksen kuoren ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus sekä ilmanvaihtojärjestelmä. Ilmavuotoja ei yleensä oteta huomioon rakennuksen keskellä sijaitsevista tiloista tai maanalaisista tiloista.

Vuotoilmavirta saadaan kaavasta (ST 55.01 2008, 4):

$$q_{v,vuotoilma} = n_{vuotoilma} * V / 3600 \quad (11)$$

$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$n_{vuotoilma}$	vuotoilmakerroin, 1/h
$V$	tilan ilmatilavuus, m <sup>3</sup>
3600	aikayksikön muutoskerroin, (s/h).

Asuinrakennuksissa, kun poistoilmavirta on 0,35 – 0,50 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup> on vuotoilmakerroin välillä 0,50 – 0,70 1/h. Jos rakennuksen ilmanpitävyyttä ei tiedetä, voidaan vuotoilmakertoimenä käyttää vakioarvoa 0,16 1/h, joka tarkoittaa vuotoilman vaihtuvuutta  $n$  kertaa tunnissa. Vuotoilmavirta aiheuttaa ominaislämpöhäviötä, jotka lasketaan kaavasta (ST 55.01 2008, 4):

$$H_{vuotoilma} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,vuotoilma} \quad (12)$$

$H_{vuotoilma}$	ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg*K)
$q_{v,vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s.

Tämän jälkeen lasketaan vuotoilmavirran aiheuttama lämmitystehontarve kaavasta (ST 55.01 2008, 4):

$$P_{vuotoiv} = H_{vuotoilma} * (T_s - T_u) \quad (13)$$

$P_{vuotoiv}$	vuotoilman lämmitystehontarve, W
$H_{vuotoilma}$	ominaislämpöhäviö, W/K
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C.

Kaavat 11, 12 ja 13 voidaan yhdistää, ja saadaan vuotoilman lämmitystehontarve suoraan kaavasta

$$P_{vuotoiv} = \rho_i * c_{pi} * (n_{vuotoilma} * V / 3600) * (T_s - T_u) \quad (14)$$

$P_{vuotoiv}$	vuotoilman lämmitystehontarve, W
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kg*K)
$n_{vuotoilma}$	vuotoilmakerroin, 1/h
$V$	tilan ilmatilavuus, m <sup>3</sup>
3600	aikayksikön muutoskerroin, (s/h)
$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C.

#### 3.4.6 Tunnusluku

Tämän jälkeen sijoitetaan lasketut johtumislämpöhäviöt, ilmanvaihdon lämmitystehontarve ja vuotoilman lämmitystehontarve kaavaan 2 ja näin saadaan tilan lämpöhäviöt yhteensä yksikkönä W.

Jokaiselle huoneelle lasketaan tunnusluku, joka kertoo lämmityksen wattimäärän kuutiometriä kohti. Hyvin eristetyssä uudisrakennuksessa lämpöhäviöiden suuruusluokka on noin 15 – 20 W/m<sup>3</sup> Etelä-

Suomessa ja  $20 - 25 \text{ W/m}^3$  Pohjois-Suomessa. Vanhassa rakennuksessa lämpöhäviöt ovat yleensä suuremmat, johtuen rakennuksen iästä, kunnosta ja eristyksistä.

Yksittäisen huoneen tunnusluvun ylittyminen tai alittuminen suositusarvoista kuitenkin sallitaan, jos tilassa on esimerkiksi ulko-ovi ja paljon ikkunapinta-alaa tai muita lämpöhäviöihin vaikuttavia tekijöitä. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat lämmön talteenotto, rakennuksen muoto sekä sijainti ja ikkunoiden ja ulko-ovien koko sekä rakenne.

Jokaiselle huoneelle valitaan lämmitystehon perusteella sopivan tehoinen lämmitysjärjestelmä. Valintaa tehdessä huoneen lämpöhäviöt kerrotaan kertoimella  $1,2 - 1,5$  ja yritetään löytää tätä arvoa vastaavan tehoinen lämmitysjärjestelmä. Valitun lämmitysjärjestelmän tehon tulisi olla suurempi, kuin lämpöhäviöt, mutta ei haittaa, jos teho on pienempi kuin kertoimen kanssa laskettu teho.

Lopuksi voidaan laskea koko talon lämmitysjärjestelmien yhteisteho, ja kun tämä arvo jaetaan koko talon tilavuudella, saadaan lämmitysjärjestelmien yhteislämmitystehoa vastaava tunnusluku. Myös koko talon tunnusluvun tulisi olla välillä  $15 - 25 \text{ W/m}^3$ .

### 3.5 Määräykset ja standardit

Suomen Standardisoimisliiton standardin SFS 6000-7-753, liite 753X koskee muita lämmitysjärjestelmiä, paitsi suoria ja varaavia sähköisiä lattia- ja kattolämmitysjärjestelmiä. Tässä luvussa esitetään joitakin standardissa mainittuja asioita.

Sähkölämmittimien tulee olla niitä koskevien standardien mukaisia, ja ne tulee valita ja asentaa sopivaan käyttöympäristöön valmistajan asennusohjeiden mukaisesti. Jos lämmitinyksiköt ovat heti toistensa yläpuolella, lämmittimet todennäköisesti peitetään tahattomasti tai lämmittimien sijoitustila on ahdas ja ilmanvaihto rajallinen edellytetään lämmittimiltä erityisrakenteita tai valmistajalta erityisohjeita. (SFS 6000-7-753 2012, 555.)

Lämmittimien ja niiden ohjauslaitteiden suojausta ryhmäkohtaisesti yhteisellä ylivirtasuojalla suositellaan (SFS 6000-7-753 2012, 555).

### 3.6 Sähkölämmitystavat

Sähkölämmitystavat jaetaan huonekohtaisiin ja keskuslämmityksiin sen mukaan, miten sähköenergia muutetaan lämmöksi. Huonekohtaisessa sähkölämmityksessä sähköenergia muutetaan lämmöksi lämmitettävässä huoneessa tai tilassa sijaitsevassa laitteessa. Kyseisen lämmityslaitteen toimintaa säädetään huoneen tai tilan olosuhteiden ja tarpeen mukaan. Termostaatti on yleensä suoraan lämmitettävässä komponentissa tai huoneen seinällä. Jos käytetään keskitettyä, huonekohtaisin anturein mittaavaa järjestelmää, säätimet voivat olla säätökeskuksessa. Huonekohtainen sähkölämmitys voi olla suora tai varaava. Huonekohtaisen lämmitysjärjestelmän kanssa käyttöveden

lämmitys toteutetaan erillisellä laitteella, useimmiten lämminvesivaraajalla. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 157 - 159.)

Keskuslämmitteisessä lämmitysjärjestelmässä sähköenergia muutetaan lämmöksi erillisessä lämpökeskuksessa. Tarvittava lämpö siirtyy huoneisiin ja tiloihin lämmityslaitteiden kautta siirtyvän veden tai ilman mukana. Ilmakiertoinen keskuslämmitys on nykyään yleistynyt ilmalämpöpumppu, jota ohjataan sisäyksikön termostaatin tai huonekohtaisen termostaatin avulla. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 159.)

Vesikiertoisessa keskuslämmityksessä samalla laitteistolla lämmitetään yleensä myös käyttövesi. Varaajan tai kattilan lämpötilaa säädetään vesisäiliössä olevalla termostaatilla. Vikatapauksien varalta järjestelmässä on lämpötilan rajoitin, joka estää ylikuumenemisen. Ulkotermostaatilla tai säätökeskuksella voidaan säätää sähkölämmittimiin tai vesikiertoiseen lattialämmitykseen kulkeutuvaa kiertovettä. Yksittäisen huoneen, alueen tai lämmittimen lämpötilaa voidaan säätää termostaattisella patteriventtiilillä tai säätöventtiilillä, jota ohjataan huonetermostaatilla. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 159.)

Lämmön varastointikyky määrittää onko kyse suorasta vai varaavasta lämmityksestä (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 157).

Suora sähkölämmitys on sähkölämmityksen yksinkertaisin muoto. Huonekohtaisessa suorassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan huonekohtaisen tehontarpeen mukaan. Pienen massansa ansiosta suora sähkölämmitys reagoi nopeasti huoneen lämpötilan nousuun. (Harju 2010, 168.)

Varaavassa sähkölämmityksessä lämpöä tuotetaan kiinteistössä olevaan varastoon, josta sitä käytetään myöhemmin tarpeen mukaan. Yksinkertaisimmassa muodossa varaavassa sähkölämmityksessä vanhaan tiiliuuniin on sijoitettu sähkövastukset, jotka lämmitetään yöllä ja jotka varaavat uunin tiilimassaan lämpöä. Vastukset ovat toiminnassa päivällä tarvittaessa. (Harju 2010, 170.)

Ennen yösähkö oli huomattavasti halvempaa kuin päivä sähkö, ja tällöin lämpöä oli edullisempi tuottaa varastoon yöaikaan. Yöllä varastoitu lämpö lämmitti päivällä ympäristöä. Nykyään päivä- ja yösähkön hintaerot eivät ole kovin suuria ja talojen rakennuksessa pyritäänkin panostamaan hyviin eristykseen varaavan sähkölämmityksen sijasta.

Taulukossa 5 on nähtävissä esimerkkinä Kuopion Energian sähkön hintoja sopimuksella "Aikasähkö" vuonna 2003 ja 2014. Vuoden 2003 hinnoissa yösähkö oli 3,66 snt/kWh halvempaa kuin päivä sähkö, kun taas vuonna 2014 yösähkö on 1,40 snt/kWh päivä sähköä halvempaa. Vuonna 2003 yösähkön ja päivä sähkön hintaero energiayksikköä kohti oli siis huomattavasti suurempi, kuin vuonna 2014.

Osittain varaavassa sähkölämmityksessä lämpöä tuotetaan ja varataan pääsääntöisesti yöaikaan. Yöllä varautuneen lämmön lisäksi käytetään päivälämmitystä, kun ulkona on pakkasta -5...-10 °C.

Etelä-Suomessa päivä sähköllä lämmitystä tarvitaan noin 70 päivänä vuodessa, kun käytetään osittain varaavaa lämmön varastointikykyä. (Harju 2010, 171.)

TAULUKKO 5. Kuopion Energian sähkön hintoja 15.10.2003 alkaen (Rouvali 2014, 1) ja 1.5.2014 alkaen sopimuksella "Aikasähkö" (Kuopion Energia Liikelaitos 2014).

Aikasähkö	Hinta vuonna	
	2003	2014
Perusmaksu (€/kk)	5,90	3,23
Energiamaksu päivällä klo 7-22 (8-23) (snt/kWh)	7,23	6,90
Energiamaksu yöllä klo 22-7 (23-8) (snt/kWh)	3,57	5,50

### 3.7 Sähkölämmitysratkaisuja

Sähkölämmitysratkaisuja ja -mahdollisuuksia on useita ja niiden valintaan vaikuttavat useat tekijät. Usein paras kokonaisratkaisu saavutetaan käyttämällä eri sähkölämmityslaitteita eri tiloissa tilan käyttötarkoituksen mukaan. Rakennuksen ja käyttäjän tarpeiden perusteella tehdään lopullinen sähkölämmitysjärjestelmän valinta. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 159.)

Sähkölämmitysjärjestelmä koostuu useista eri komponenteista, jotka muodostavat yhdessä kuhunkin käyttötarkoitukseen tarvittavan kokonaisuuden. Tyypillisiä osia, jotka kuuluvat sähkölämmitysjärjestelmään ovat

- lämmityslaitteet (muuttavat sähköenergian lämpöenergiaksi)
- ohjaus- ja säätölaitteet (termostaatit, lämpötilan mittaus ja säätö)
- johdotus (energian siirto, ohjaustiedot)
- keskuskytkenät (suojalaitteet, ohjausjärjestelmät). (Laininen 2003a, 37.)

Uudisrakennuksiin suositellaan nykyään huonekohtaista lämmitysjärjestelmää, jossa yhdistellään lattia- ja kattolämmitystä sekä sähkölämmittimiä. Ilmalämpöpumppua eli ilmakiertoista keskuslämmitystä voidaan käyttää tavallisissa asuinrakennuksissa, mutta ennen kaikkea vapaa-ajan asunnoissa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 159.)

Käyttövesi lämmitetään tavallisissa asuinrakennuksissa yleensä yö sähköllä lämminvesivaraajassa. Jotta lämmintä käyttövettä riittäisi, suositellaan ohjaus varustettavaksi termostaatilla, joka asennetaan lämminvesivaraajaan. Termostaatti kytkee varaajan päälle tarvittaessa myös päivällä. Vapaa-ajan asunnoissa käyttövesi lämmitetään suoralla sähköllä toimivalla lämminvesivaraajalla, joka voi olla fyysiseltä kooltaan pienempi, kuin yö sähköllä toimiva varaaja. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 159 - 160.)

Jos kohteena on peruskorjattava rakennus, tulee ottaa huomioon peruskorjauksen lähtökohdat. Lähtökohtana voi olla vanhan ja kuluiltaan kohtuuttoman lämmitysjärjestelmän uusiminen, tai jonkun muun rakennuksen osan tai rakenteen korjaus tai parantaminen. Jos rakennukseen tehdään joku lämmitysjärjestelmään liittymätön peruskorjaus tai parannus, on syytä miettiä tulisiko vanha lämmitysjärjestelmä uusia samalla. Kaikki remontit olisi hyvä tehdä samalla kertaa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 160.)

Peruskorjattavassa rakennuksessa uuden lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat vanha järjestelmä ja sen odotettu käyttöikä sekä kunto, rakennuksen ikä ja kunto, mahdolliset tilakohtaiset ja asennukseen vaikuttavat ongelmat sekä asukkaan mieltymykset ja budjetti. Peruskorjatuissa rakennuksissa joudutaankin usein tyytymään kompromisseihin lämmitysjärjestelmän osalta. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 160.)

Sähkölämmitysjärjestelmä voidaan toteuttaa lattialämmityksen lisäksi esimerkiksi sähkölämmittimillä, ilmalämpöpumpulla, kattolämmityksellä, ikkunalämmityksellä tai näiden yhdistelmillä.

### 3.7.1 Sähkölämmittimet

Huonekohtainen sähkölämmitin on helppo ja edullinen tapa toteuttaa sähkölämmitysjärjestelmä. Huonekohtaisella sähkölämmittimellä lämpöenergia tuotetaan suoraan lämmitettävään huoneeseen. Sähkölämmittimet ovat edullisia, helppoja asentaa ja korjata, tekniikaltaan yksinkertaisia ja ne omaavat hyvän hyötysuhteen. (Laininen 2003a, 40.)

Sähkölämmitys saatetaan käsittää usein ilmaa kuivattavaksi ja kuumia pintalämpötiloja aiheuttavaksi järjestelmäksi. Tämä juontaa juurensa 1980-luvun alkupuolelle, jolloin sähkölämmitys yleistyi. Tuolloin markkinoille tulleiden sähkölämmittimien pintalämpötilat olivat huomattavan korkeita ja asuintiloissa käytettiin niihin sopimattomia lämmitinrakenteita. Nykyään lämmittimien pintalämpötilat eivät kuitenkaan nouse epämiellyttävän kuumaksi. (Laininen 2003a, 40.)

Sähkölämmittimiä ohjataan useimmiten siihen kiinteästi tai pistotulpalla liitetyllä säätimellä. Jos ohjaukseen käytetään säätökeskusta tai kontaktoreja, asennetaan lämmitettävään huoneeseen termostaatti tai lämpötila-anturi. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 164.)

Sähkölämmittimiä voidaan ohjata lämmitin- tai lämmitinryhmäkohtaisella termostaatilla, joka havaitsee nopeasti lämpötilanmuutokset, ja ohjaa lämmittimen lämpötilaa korkeammaksi tai matalammaksi tilanteen mukaan. Tällöin lämmitysjärjestelmä ottaa huomioon muut mahdolliset lämmönlähteet ja lämmittää vain kun siihen on tarvetta. Näin saavutetaan energiatehokas lämmitysjärjestelmä. (Laininen 2003a, 40.)

Lämmittimien ohjaukseen käytettävän termostaatin olisi hyvä olla elektroninen tai äänetön mekaaninen termostaatti. Sähkölämmittimiä voidaan kuitenkin ohjata termostaatin sijasta myös keskitetyllä ohjausjärjestelmällä. Keskitetyssä ohjausjärjestelmässä tiloihin on sijoitettu erilliset



huonekohtaiset lämpötila-anturit, jotka ohjaavat lämmittimiä, joissa ei ole termostaatteja. (Laininen 2003a, 52.)

Sähkölämmittimet eivät yleensä ole varaavia, joten niillä ei saavuteta säästöjä energiakustannuksissa halvemman energiahinnan aikana. Sähkölämmittimien hyötysuhde on kuitenkin korkea, koska lämmittimet lämmittävät ensisijaisesti huoneilmaa rakenteiden sijaan, joten lämmittimillä on muita lämmitysmuotoja alhaisemmat lämpöhäviöt. (Laininen 2003a, 40.) Sähkölämmittimien vähäiset lämpöhäviöt tapahtuvat vain kaapeleissa.

Sähkölämmitin valitaan kuhunkin kohteeseen lämmittimen rakenteen, ohjaustavan ja ulkonäön mukaan. Nykyään on valittavana useita eri vaihtoehtoja teknisten ominaisuuksien ja ulkonäön perusteella. Lämmittimiä on saatavana esimerkiksi kuivan tilan lämmittiminä, roiskevesitiiviinä ja peittämissuojattuna. (Laininen 2003a, 40.) Lisäksi lämmittimien pintamateriaaleissa ja väreissä on saatavilla useita eri vaihtoehtoja.

Sähkölämmittimet sijoitetaan yleisimmin ikkunoiden alle, koska ikkunoiden lämpöhäviöt ovat usein suuremmat kuin seinällä. Suurempien lämpöhäviöiden johdosta ilma ikkunan luona jäähtyy ja viileä ilma työntyy alaspäin. Tämä havaitaan usein vetoisuutena. Lämmitin pyritään sijoittamaan ulko-ovien läheisyyteen, mikäli se on mahdollista. (Laininen 2003a, 45.)

Sähkölämmittimien hyötysuhde on yleensä miltei 100 %, jolloin ne voidaan valita huoneen lämmitystehon mukaan. Lämmittimien tulisi olla kuitenkin pituudeltaan suunnilleen huoneen ikkunan levyinen. Jos ikkuna on leveämpi, kuin lämmitin pitkä, voi viileä ilma virrata ikkunan reunoilta. Jos lämmitin on pituudeltaan huomattavasti ikkunan levyttä suurempi, se aiheuttaa yleensä esteettisiä haittoja. (Laininen 2003a, 45.)

Sähkölämmittimissä on lämmönluovutustapansa mukaan joko suljettu rakenne tai se on virtauslämmitin. Nykyään pyritään hyödyntämään kummankin rakennetyypin ominaisuuksia, jolloin lämmitintä kutsutaan yhdistelmälämmittimeksi. Sähkölämmittimien erikoisrakenteiksi kutsutaan peittämissuojia tai korkeamman kotelointiluokan tuotteita. Useimmat valmistajat varustavat kaikki lämmittimensä ylikuumenemissuojalla, jolloin laitteen paloturvallisuus paranee. (Laininen 2003a, 42.)

Peittämissuojatut lämmittimet ovat hyviä esimerkiksi vaatehuoneissa tai verhojen alla, jolloin lämmitin on turvallinen, vaikka kangas tippuisi sen päälle. Parhaan lämmitystuloksen saa kuitenkin vain, kun ilma voi kiertää vapaasti lämmittimen ympärillä. Peittämissuojattu lämmitin kytkee lämmittimen pois päältä havaittuaan paikallisen maksimilämpötilan ylittyvän. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 163.)

On olemassa myös pelkästään kuivausta varten tarkoitettuja lämmittimiä, joiden rakenne poikkeaa suljetuista lämmittimistä ja virtauslämmittimistä. Kuivausta varten tarkoitettut lämmittimet ovat

yleensä taivuteltuja putkia joiden sisään lämmitysvastus on aseteltu. Kyseisten lämmittimien ohjaamiseen ei tarvita termostaattia ja lämmittimet voidaan peittää kokonaan ilman palovaaraa.

Suljetun lämmittimen rakennetyypissä lämmityskomponentit on sijoitettu lämmittimen suljetun rakenteen sisälle, jolloin ilma joutuu kosketuksiin vain lämmittimen pinnan kanssa.

Lämmityskomponentit on sijoitettu siten, että lämmittimen pinta ei ylikuumene, vaan on tasalämpöinen. Lämmittimen pinta säteilee ja lämpöä siirtyy lämmön aiheuttamien virtausten mukana, jolloin lämmitin luovuttaa lämpöä ympäristöön. Suljettua lämmitintä ohjataan yleensä elektronisella termostaatilla. (Laininen 2003a, 42.)

Suljetun lämmittimen pintalämpötila pienenee suuremmissa lämmittimissä, koska lämmittimen koko on suoraan verrannollinen sen lämmitystehoon. Suljetut lämmittimet ovatkin kooltaan kookkaita ja niitä voi olla hankala sijoittaa rakennuksen eri tiloihin. Suljettuja lämmittimiä käytetään yleisimmin asuin- ja oleskelutiloissa, mutta ne soveltuvat kuitenkin useimpiin tiloihin. (Laininen 2003a, 42.)

Virtauslämmittimen toiminta perustuu ilman virtaukseen lämmittimen läpi, jolloin lämmityskomponentit kasvattavat ilman lämpötilaa nopeasti. Ilma kiertää joko vapaasti tai ilman kiertoa on tehostettu puhaltimella. Virtauslämmittimissä lämmittimen teho ja fyysinen koko eivät vaikuta välttämättä toisiinsa, joten pienempikokoiset virtauslämmittimet voivat olla tehokkaampia, kuin saman kokoluokan suljetut lämmittimet. (Laininen 2003a, 42 - 43.)

Virtauslämmitin sopii parhaiten tiloihin, joissa ilman lämpötila vaihtelee, ja sitä halutaan nostaa nopeasti. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi tuulikaapit, varastot ja vapaa-ajan asunnot. Tavallisiin asuintiloihin virtauslämmittimiä ei suositella. Jos virtauslämmitin on pitkään pois päältä, saattaa se taas päälle kytkeytyessään aiheuttaa pahaa hajua varsinkin pölyisessä tilassa. (Laininen 2003a, 43.)

Yhdistelmälämmittimessä on yhdistetty suljetun lämmittimen ja virtauslämmittimen parhaita puolia ja nykyään useimmat lämmittimet ovatkin yhdistelmälämmittimiä. Lämmityskomponentit on sijoitettu lämmittimen rakenteen sisällä siten, että ne suurentavat lämmönluovutus pintaa. Näin lämmittimen sisään virtaava ilma ei joudu kosketuksiin pintojen kanssa, joissa on hyvin korkeat lämpötilat. Tällöin lämmittimestä ulos virtaava ilma ei ole niin kuumaa kuin virtauslämmittimissä. Yhdistelmälämmittimien fyysinen koko on pienempi kuin saman tehoisissa suljetuissa lämmittimissä, jolloin laitteen sijoittelu tiloihin helpottuu. (Laininen 2003a, 43.)

### 3.7.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu on keskuslämmitysratkaisu, joka on tullut Suomen lämmitysmarkkinoille viime vuosien aikana. Sen toimintaperiaatteena on tuottaa ulkoyksiköllä lämpöä ulkoilmasta lämpöpumpputekniikalla, ja ohjata tuotettu lämpö rakennuksen lämmittämiseen. Rakennuksen sisällä lämpöä jaetaan sisäyksiköiden avulla, joita on yleensä yksi tai kaksi.

Ilmalämpöpumppulaitteisto pystyy tuottamaan tarvittavan lämpöenergian pakkasen ollessa noin -10...-20 °C. Tätä kylmemmillä ilmoilla lämpöenergia tuotetaan muulla sähkölämmityslaitteistolla. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 158.)

Kesällä ilmalämpöpumpulla on mahdollista tuottaa myös jäähdytystä rakennukseen, mikä onkin lisännyt laitteen suosiota etenkin vapaa-ajan asunnoissa. Ilmalämpöpumppu on myös tästä syystä suosittu saneerauskohteissa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 158.)

Kun sähkölämmitys toteutetaan ilmalämpöpumpulla, käyttövesi lämmitetään erillisellä laitteella, yleensä lämminvesivaraajalla. On kuitenkin olemassa invertteri-mallisia ilmalämpöpumppuja, joilla lämmitysvesikiertoon saadaan lämpöenergiaa, ja näin niillä voidaan lämmittää myös käyttövettä. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 158.)

### 3.7.3 Kattolämmitys

Kattolämmitys on tullut Suomen markkinoille 1980-luvun alussa. Asuinrakennuksissa kattolämmityksiin käytetään lämmityskelmuja, jotka asennetaan kattorakenteisiin. Lähinnä teollisuuskäyttöön on saatavilla katon pinnalle asennettavia lämpösäteilijöitä eli säteilypaneeleita. Säteilypaneeleissa on lämmityskelmuja huomattavasti suurempi teho pinta-alayksikköä kohti, jolloin niiden pintalämpötila on suurempi kuin katon lämpötila. (Laininen 2003a, 57.) Säteilypaneeleita ei täten tarvita katossa kovin tihein välein ja ne soveltuvat hyvin myös korkeisiin tiloihin tai jopa ulos. Säteilypaneeleiden tyypillisiä käyttökohteita ovat mm. autotallit, verstaat, varastokäytävät ja teollisuus-, myymälä- ja urheiluhallit. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 166.)

Kattolämmityksen lämmönluovutus huoneeseen perustuu konvektioon ja lämpösäteilyyn. Kattolämmityselementit lämmittävät kattoverhoilun, kun ne asennetaan sisäkaton ja verhoilumateriaalin väliin, jolloin lämpö säteilee lattiaan, seiniin, ikkunoihin ja muihin tilan pintoihin ja niiden kautta edelleen huoneilmaan. Kun lämpösäteily tulee tarpeeksi laajalta alueelta, ilman liike lämmittää myös pöytien ja tasojen alustat. Ihminen aistii kattolämmityksen miellyttävän tasaisena, koska se mielletään usein auringon lämpösäteilyä vastaavaksi. Auringon säteilyn sisältäessä kuitenkin haitallista ultraviolettia, röntgen- ja gammasäteilyä, lämmityskelmun tuottama lämpösäteily on vaaratonta infrapunasäteilyä. Lämpösäteilystä ei myöskään synny ilmankiertoa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 166.)

Kattolämmitys toteutetaan rakennukseen huonekohtaisesti tehontarpeen mukaan. Lämmityselementit saadaan sijoitettua täysin näkymättömästi, joka antaa vapauksia sisustukseen. Kattolämmitysjärjestelmä on turvallinen, koska elementit ovat piilossa kattorakenteissa, eikä niihin voi tällöin olla kosketuksissa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 166 - 167.)

Parhaimmillaan kattolämmitys on lattialämmitystä tai ikkunalämmitystä täydentämässä. Kattolämmitys riittää kuitenkin yksinään, kunhan rakennuksessa käytetään kolminkertaisia ikkunoita. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 166 - 167.) Usein lämpötila halutaan pitää poissaolon ajan

matalammalla ja kattolämmityksellä saadaan takaisin saavuttaessa lämpötilaa nostettua nopeasti. Kattolämmitys ei voi olla varaava järjestelmä, mutta sitä voidaan käyttää tasaavana lämmityksenä osittain varaavan lattialämmityksen yhteydessä.

Kattolämmitystä säädetään huonekohtaisella huonetermostaatilla tai keskitetyllä säätöjärjestelmällä. Koska järjestelmän lämmönluovutus perustuu säteilyyteen, kannattaa termostaattina käyttää lyhytjaksoista elektronista termostaattia. Yleensä kattolämmitys aiheuttaa pieniä lämpötilaeroja huoneen eri korkeuksista mitattuna. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 170.)

Kattolämmitys on investoinneiltaan edullinen, ja se säästää käytössä myös energiaa, koska se ottaa huomioon nopeasti myös muut tilan lämmönlähteet. Lämpö jakautuu kattolämmityksen avulla tasaisesti koko tilaan, jolloin lämpötilaa voidaan pitää 1 – 2 astetta normaalia alempana. Lämmitysjärjestelmä tuottaa lämpöenergiaa suoraan huoneilmaan, jolloin järjestelmän hyötysuhde on 100 %. Kattolämmitysjärjestelmä tarvitsee kuitenkin vielä lämpimän käyttöveden varaajan, joka aiheuttaa lisäkustannuksia.

Kattolämmityksen tyypillisimpiä käyttökohteita ovat tavalliset asuintilat ja vapaa-ajan asunnot, sekä toimistot, päiväkodit, koulut ja erilaiset liikuntatilat. Kattolämmitys voidaan asentaa myös kosteisiin tiloihin, mutta pieniin tiloihin, kuten WC-tiloihin ja tuulikaappeihin suositellaan yleensä sähkölämmitystä tai lattialämmitystä.

Lämmityskelmussa kahden muovikelman väliin on kuumahitsattu vastusliuska, joka on valmistettu lyijyn ja tinan seoksesta. Vastusliuska on kytketty liitosjohtoon. Vastusliuskoja on sijoitettu elementtiin 30 cm välein. Vastusliuskojen väliin jäävä rakenne on tarkoitettu lämmityskelman kiinnitykseen. Jos vastusliuska katkeaa, katkaisee se kyseisen osan lämmityksestä. Elementeissä ei ole ylikuumenemisen vaaraa, koska vastusliuska palaa poikki, jos elementti tulee jännitteiseksi noin +150 °C lämpötilassa. Samanlaisia kelmuja voidaan käyttää myös lattialämmityksessä asentamalla kelmut lattiaan. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 166.)

Kelmujen tyypillisimmät tehot ovat 125 W/m<sup>2</sup> ja 150 W/m<sup>2</sup> ja kelman teho on suoraan verrannollinen kelman fyysiseen kokoon. Tällöin mitä suurempi kelmu, sitä suurempi teho sillä on. Suurempitehoiset kelmut asennetaan ikkunoiden yläpuolelle ja korkeisiin tiloihin, joissa lämpötehoa tarvitaan enemmän. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 166.)

Nykyään katon pinta-alasta peitetään noin alle puolet kattolämmityselementeillä. Lämmityselementit voidaan asentaa alapuolelta hieman ennen katon pinnoittamista, jolloin elementtien riski vaurioitua rakentamisen aikana pienenee. Elementit voidaan asentaa myös yläpuolelta valmiin kattopinnoitteen päälle. Lämmityskelman tulee painautua tiiviisti kattopinnoitetta vasten, eikä niiden väliin saa jäädä ilmarakoa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 167.)

Lämmityselementtien asentaminen on tehtävä erityisen huolellisesti, koska korjaukset ja muutokset elementeissä ovat hankalia jälkikäteen. Jos katossa on liian paksu pinnoite, se voi estää lämmön

siirtymistä elementistä, jolloin elementti lämpenee liikaa ja sen vastukset voivat sulaa poikki. Vastukset voivat sulaa poikki myös, jos lämpöelementtiä on kohdeltu huolimattomasti asennusvaiheessa ja vastukset ovat vaurioituneet. Vastuksien sulaminen tapahtuu hyvin alhaisessa lämpötilassa, joten palovaaraa ei ole, mutta lämmityselementti vaurioituu. Lämmityselementin korjaaminen on mahdollista avaamalla sisäkatto ja kolvaamalla rikkoontunut vastus ehjäksi, mutta usein on yksinkertaisempaa vaihtaa rikkoontuneen elementin tilalle uusi, kuin korjata vanhaa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 170.)

Myöskään sisäkaton pinnoitteen lämmöneristävyys ei saa ylittää raja-arvoja. Kattolämmitystä asennettaessa tuleekin noudattaa valmistajan antamia mitoitusohjeita. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 168.)

Kattolämmityselementtejä vältetään asentamasta sellaisiin kohtiin rakennusta, mihin sijoitetaan valaisimia sekä kaappeja ja muita korkeita huonekaluja. Kattolämmityselementtejä ei myöskään asenneta väliseinien kohdalle, koska tällöin lämpö ei pääse vapaasti säteilemään kattoverhoilusta. Lämmityselementtien asentaminen saunaan tai mataliin vinokattoihin on kiellettyä. Kattoon ei voi tehdä reikiä, ennen kuin on selvittänyt kattolämmityselementtien tarkat sijainnit. Lämmityselementeistä täytyy löytyä tarkka sijoituskuva sähköpiirustuksissa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 167.)

#### 3.7.4 Ikkunalämmitys

Ikkunalämmitystä kannattaa harkita erityisesti kohteeseen, jossa on paljon ikkunapinta-alaa. Ikkunalämmityksellä saadaan estettyä ikkunan kylmäsaiteily ja samalla vähennetään ikkunasta tulevaa vedon tunnetta. Ikkunalämmitys toteutetaan lasin pintaan asennettavalla näkymättömällä ja kulumattomalla selektiivipinnoitteella. Pinnoitteeseen johdetaan sähköä ikkunan vastakkaisilta puolilta. Lämpö säteilee huoneeseen eikä ikkunan ulkopuolelle, ja tällöin lämmityselementin hyötysuhde on jopa 93 %. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 188.)

Ikkunalämmityksessä tehontarve on enintään noin  $165 \text{ W/m}^2$ , kun ikkunan pintalämpötilan asetusarvo on enintään  $+25 \text{ °C}$  ja ikkunan eri puolilla lämpötilaero on noin  $50 \text{ °C}$ . Ikkunalämmitys on vielä suhteellisen kallis järjestelmä, koska hankintakustannukset ovat noin 85 % suuremmat kuin tavallisten kolmikertaisten ikkunoiden. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 188.)

#### 3.7.5 Termostaattit sähkölämmitysjärjestelmässä

Termostaatin tehtävä on ohjata ja säätää lämmityslaitteita päälle tai pois päältä, riippuen halutusta lämpötilasta. Termostaatti huolehtii, että haluttu lämpötila pysyy tilassa mahdollisista ulkoisista lämpötilanmuutoksista huolimatta. Mahdollisia ulkoisia lämpötilanmuutoksia aiheuttavat esimerkiksi ilman lämpötila, muuttuvat henkilökuormat ja auringon paiste. Termostaateissa on yleensä säätömahdollisuus, jolloin käyttäjä voi itse valita haluamansa lämpötilan. Termostaatti säästää myös energiakuluissa, koska se ei anna lämpötilan nousta liian korkeaksi.

Termostaatit ovat joko mekaanisia, elektronisia tai näiden yhdistelmiä. Termostaattia valitessa tulee ottaa huomioon, että kuinka suuri on termostaatilla ohjattava teho, kuinka tarkkaa säätöä halutaan, joutuuko termostaatti alttiiksi häiriöille ja oikea hinta-laatusuhde. (Laininen 2003a, 53.)

Termostaattien säätöperiaatteet ovat joko ON-OFF-säädin tai verrannollinen säädin eli P-säädin.

ON-OFF-säätimellä on kaksi vaihtoehtoista tilaa, riippuen termostaatin mittaamasta lämpötilasta ja lämpötilan asetusarvosta. Jos mitattu lämpötila on suurempi, kuin termostaattiin asetettu lämpötilan asetusarvo, termostaatti kytkee itsensä OFF-tilaan, jolloin lämmitysjärjestelmä lakkaa lämmittämästä. Jos mitattu lämpötila on pienempi, kuin asetusarvo, termostaatti kytkee itsensä ON-tilaan ja lämmitysjärjestelmä saa sähköä ja alkaa lämmittää tilaa haluttuun lämpötilaan. (Laininen 2003a, 53.)

Kyseisessä termostaatissa on aina hieman hystereesiä, jonka takia säätötulos ei ole tarkin mahdollinen (Laininen 2003a, 53). Hystereesi vähentää termostaatin päälle ja pois päältä - kytkentöjä. Jos termostaatti kytkeytyisi jokaisesta pienimmästäkin lämpötilanmuutoksesta, kuluttaisi se termostaattia turhaan ja tekisi siitä lyhytikäisen. Termostaatti päästää kytkeytyessään päälle tai pois päältä naksahdusäänen ja jos naksahdus kuuluisi koko ajan, aiheuttaisi se myös äänihaittoja. Termostaatin lämpötilan säätöä ja ohjausta voidaan kuitenkin pitää tarpeeksi tarkkana hystereesistä huolimatta.

Verrannollisella säätimellä lämmitystä ohjataan sen mukaan, kuinka suuri ero on lämmityksen asetusarvolla ja säätimen mittaamalla lämpötilalla. Jos ero on suuri, säätää termostaatti lämmitysjärjestelmälle enemmän tehoa. Lämpötilojen eron ollessa pieni, termostaatti säätää lämmitysjärjestelmälle hyvin vähän tehoa. Sopiva lämpötilojen verrannollisuusalue on noin yhden asteen. (Laininen 2003a, 53.)

Verrannollinen säätö termostaatissa on toteutettu useimmin pulssinleveysmodulaatiolla. Pulssinleveysmodulaatiossa termostaatin päällä- ja poissaoloajan pituutta säädetään ja näin saadaan päälläoloajan tehon keskiarvo halutuksi. Säädin voi toimia rakenteen mukaan kymmenistä sekunneista useimpiin minuutteihin. P-säädin soveltuu parhaiten silloin, kun lämmittimen pinnan halutaan pitävän lämpönsä tasaisena. (Laininen 2003a, 53.)

Termostaateilla on kolme erilaista rakennetta, jotka ovat bi-metallitermostaatti, elektroninen relelähtöinen termostaatti ja täysin elektroninen termostaatti.

Bi-metallitermostaatissa on bi-metalliliuska, joka taipuu lämpötilan noustessa. Liuskan taipuessa se katkaisee virtapiirin, jolloin lämmittimen tehonsyöttö lakkaa. Kun ympäristön lämpötila kasvaa, bi-metalliliuska suoristuu ja virtapiiri sulkeutuu. (Laininen 2003a, 53 - 54.)

Bi-metallitermostaatti on säätöperiaatteeltaan ON-OFF-säädin. Kyseisessä termostaatissa on yleensä kiihdytysvastus, jonka tehtävä on lämmittää bi-metalliliuskaa virtapiirin ollessa suljettu. Täten termostaatti katkaisee sähkönsyötön lämmittimelle jo ennen kuin haluttu lämpötila-arvo on

saavutettu. Kiihdytysvastuksen lämmittävä vaikutus lakkaa, kun virtapiiri katkeaa. Jos haluttua lämpötila-arvoa ei ole vielä saavutettu, bi-metalliliuska sulkee virtapiirin uudelleen lyhyen ajan kuluessa. Tällöin termostaatin toimintajakso lyhenee kiihdytysvastuksen ansioista. (Laininen 2003a, 54.)

Virta, joka kulkee termostaatin läpi, aiheuttaa bi-metalliliuskassa lämpenemistä, ja termostaatti luulee lämpötilaa todellista korkeammaksi. Tämä on yleistä etenkin, kun termostaattia kuormitetaan sen nimellisteholla. Tästä syystä, kun kuormitusvirta on suurimmillaan ja tilan lämmöntarve nousee, tilan lämpötila laskee, vaikka lämpötilaa pitäisi nostaa. Bi-metallitermostaatti päästää kytkeytyessään naksahdavan äänen, mikä voi aiheuttaa äänihaittoja. (Laininen 2003a, 54.)

Bi-metallitermostaatit kestävät hyvin sähköisiä häiriöitä ja ne ovat edullisia ja luotettavia. Kyseiset termostaatit sopivat parhaiten kohteisiin, joissa lämmöntarpeen muuttuessa hyväksytään lämpötilan vaihtelu sekä kohteisiin, joissa lämmityslaitteiden kuorma on paljon pienempi kuin termostaatin nimelliskuorma. (Laininen 2003a, 54.)

Elektronisessa relelähtöisessä termostaatissa on säätötoiminnot suorittava elektroniikkapiiri ja kytkintoiminnot suorittava rele. Releen koskettimet kuluvat nopeasti, jos termostaatin toimintajakso on liian lyhyt. Tarpeeksi pitkä toimintajakso toteutetaan hystereesillä, mutta samalla se huonontaa säätötulosta. Relelähtöinen termostaatti sopii hyvin suurien kuormien kontaktoriohjaukseen. Säätöperiaatteeltaan relelähtöiset termostaatit ovat yleensä ON-OFF-säätimiä, mutta on olemassa myös digitaalisia relelähtöisiä kellotermostaatteja. (Laininen 2003a, 54.)

Kun termostaatti on täysin elektroninen, sen virtapiiri katkaistaan puolijohdekytkimellä, joten termostaatissa ei ole mekaanisesti kuluvia osia. Kyseisen termostaatin hystereesi on pieni, jos se on säätöperiaatteeltaan ON-OFF-säädin. Jos termostaatissa on P-säädin, on hystereesi lähes olematon. (Laininen 2003a, 54.)

Elektroninen termostaatti tarvitsee tehokkaan jäähdytyksen puolijohdekomponenttinsa takia joten tällöin termostaatti on fyysiseltä kooltaan kookas. Termostaatissa on niin tiheä kytkentäväli, ettei sillä voi ohjata kontakteja. Elektroniset termostaatit sopivat parhaiten esim. kattolämmityksen säätöön. (Laininen 2003a, 54 - 55.)

## 4 LATTIALÄMMITYS

Lattialämmitystä suunniteltaessa ja asennettaessa tulee ottaa huomioon lämmitykseen vaikuttavat asiat, joita ovat lämmityksen toteutustapa, lattiapinnan materiaali ja lämmityskaapelien asennustiheys. Lattian tason lämpötilan tulisi olla hieman huoneen lämpötilaa suurempi. Lattialämmitys on mahdollista toteuttaa suorana tai varaavana. Nykyään suositellaan suoraa lattialämmitystä, koska päivä- ja yösähkön hintaero ei ole enää kovin suuri.

Lattialämmityskaapeli tai -matto asennetaan mahdollisimman lähelle lattian pintaa. Koska lämmitysteho on lattialämmityksessä jaettu koko lattiapinnalle, on lämpöä luovuttava pinta suuri ja tällöin lämmityselementin lämpötilan ei tarvitse olla kovin korkealla. Lattiarakenteet, joihin lattialämmitys asennetaan, kannattaa eristää. Tällöin lämpövirta suuntautuu mahdollisimman tehokkaasti ylös lattiapintaan ja rakennuksessa saavutetaan parempi energiatehokkuus.

### 4.1 Lattialämmityksen historia

Ensimmäisen keskuslämmittävän lattialämmityksen tiettävästi keksivät korealaiset pronssikaudella, mistä lattialämmitys rantautui myöhemmin Roomaan. Kuitenkin jo kivikauden kaivauksissa Lapista on löydetty kohtalaisia lattialämmityksen muotoja. Korealaisten järjestelmässä ylimääräinen lämpö uuneista keksittiin käyttää kodin lämmitykseen johtamalla savukaasut lattiaan. Lattiassa oli kiviä, jotka varasivat lämpöä ja lämmittivät näin lattiaa. (Ashrae Journal 2010, 1 - 2.)

Roomalaisten järjestelmä vuonna 80 eKr. perustui tulisijoilta ja uuneilta kanavien kautta lattiaan ohjattaviin polttokaasuihin. Kaasujen viilennyttyä ne ohjattiin kanavilla seinien kautta ulos tuuletusaukoista. Lattian alla oli polttokaasuja varten ontto tila, jota kutsuttiin hypokaustiksi. Nykyään hypokaustilla tarkoitetaan kyseistä roomalaisten kehittämää lämmitysjärjestelmää. Myöhemmin roomalaiset kehittivät toimintaperiaatteeltaan samanlaisia järjestelmiä, jotka lämmittivät lattioiden lisäksi myös seiniä. Lämmitysjärjestelmää käytettiin valtakunnan laajuisesti vauraiden asuinrakennuksissa sekä kylpylöissä. (Thermotech Scandinavia Finland Oy 2012.)

Erilaisia lattialämmitysjärjestelmiä on kehitetty mm. 1700- ja 1800-luvuilla, mutta vasta 1920-luvulla britit ja ranskalaiset kehittivät nykyaikaista muistuttavan lattialämmitysjärjestelmän. Suomessa lattialämmitys saavutti suosionsa vasta 1980-luvulla. (Thermotech Scandinavia Finland Oy 2012.)

Aluksi lattialämmitystä käytettiin Suomessa vain tiloissa, joissa lattiamateriaalina käytettiin laattaa tai jotakin muuta viileyden tunnetta aiheuttavaa materiaalia. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi pesuhuoneet ja WC-tilat. Lattialämmitys kasvatti suosiotaan 1990-luvulla lämmitysmenetelmänä. Syitä yleistymiseen olivat mm. laatta- ja kivimateriaalien lisääntyminen lattiamateriaaleina, paremmat säätö- ja ohjausjärjestelmät ja sähkön päivä- ja yö-tariffihinnoittelut. (Laininen 2003b, 6.)



## 4.2 Lattialämmityksen suunnittelu

Lattialämmityksen suunnittelussa otetaan lämpöhäviöiden lisäksi huomioon lattialämmityskaapelin sopiva asennusväli ja lämmityksen haluttu varaavuus. Myös lattiamateriaali ja sen pinnoite ja paksuus vaikuttavat lattialämmityksen suunnitteluun. Tavallisissa asuintiloissa lattialämmityksen suositeltu teho on noin  $1,2 - 1,5 \times$  lämmitystehon tarve. Kaapelin sopivat asennusvälit ovat noin 10 – 30 cm. (ST 55.01 2008, 7.)

Puu- ja levylattioissa lämpöhäviöt ovat usein pieniä, joten niihin asennetaan yleensä metriteholtaan 10 W/m lämmityskaapeleita. Kaapeli asennetaan mahdollisimman pintaan ja harvoilla väleillä. Näin saavutetaan paras mahdollinen lämmitystulos. Jos herkillä lattiapinnoilla käytetään lämmityskaapelia, jonka teho on 20 W/m, asennetaan se syvemmälle, jotta estetään lattiapinnan ylikuumeneminen esimerkiksi mattojen alla. Kyseinen kaapeli voidaan asentaa suuremmalla välillä ja tällöin kaapelia tarvitaan vähemmän, joten se on hankintana edullisempi. Tätä käyttötapaa ei kuitenkaan enää nykyään suositella.

Tarpeellisen lämmitystehon välittäminen lattiasta huoneeseen on tärkeää ilman, että lattian pinnan lämpötila nousee liian korkeaksi. Tarpeeksi suuren lämmitystehon takaamiseksi lattialämmitys asennetaan laajalle alalle lattiaan. Suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon mahdollisten kiinteiden kalusteiden sijoittelut, koska lattialämmitystä ei saa asentaa kiinteiden kalusteiden alle niiden estäessä lämpösäteilyä. Lämpökaapelit asennetaan koko lattian pinta-alalle, paitsi kiinteiden kalusteiden alle.

Lattialämmityskaapeleista piirretään kartta tai kaavio, jolloin niiden paikka tiedetään tarvittaessa, esimerkiksi kalusteita kiinnittäessä, eivätkä kaapelit vaurioidu. Sähkölämmittimiä, ilmalämpöpumpua, kattolämmitystä tai ikkunalämmitystä voidaan käyttää lattialämmityksen lisänä.

Lattialämmitystä säädetään huonekohtaisilla termostaateilla. Lattiatermostaatissa lattiaan on asennettu anturi, joka mittaa lattian lämpötilaa ja säättää mitatun lämpötilan mukaan lattialämmityskaapelin lämpötilaa. Huonetermostaatti mittaa huonelämpötilaa ja säättää lattialämmityskaapelin lämpötilaa sopivaksi huoneen lämpötilan mukaan. Yhdessä tilassa voi olla sekä lattiatermostaatti, että huonetermostaatti.

Yleensä lattialämmityskaapelina käytetään kaksijohtimista lämmityskaapelia, jonka resistanssi on vakio tai itsesäätyvää lämpökaapelia. Kaapeli asennetaan yleensä alapohjiin, jotka ovat joko betonirakenteisia, maavaraisia tai herkkiä lattiamateriaaleja. Herkkiä lattiamateriaaleja ovat mm. puu-, parketti-, laminaatti-, muovi- ja kipsilevy lattiat. Lattiarakenne vaikuttaa lämmityskaapelin valintaan oleellisesti. Herkkien lattiapintojen kanssa asennetaan yleensä pienempitehoisia lämmityskaapeleita, jotka ovat teholtaan noin 10 W/m. Betonilattioihin asennetaan yleensä kaapeleita, jotka ovat teholtaan noin 20 W/m.

### 4.3 Määräykset ja standardit

Suomen Standardisoimisliitolla on standardi SFS 6000-7-753, joka koskee suoria ja varaavia sähköisiä lattia- ja kattolämmitysjärjestelmiä. Tässä luvussa on otteita kyseisestä standardista, koskien erityisesti lattialämmitystä.

Syötön automaattiseen poiskytkentään vian takia tulee käyttää aina mitoitus toimintavirrallaan enintään 30 mA vikavirtasuojaa (SFS 6000-7-753 2012, 551).

Lämpötila tulee rajoittaa enintään +80 °C lämpötilaan lämmitettävällä alueella. Yliämpenemisen välttämiseksi lämmitysjärjestelmä tulee suunnitella oikein, asentaa asennuspaikan perusteella oikein ja valmistajan ohjeiden mukaan tai järjestelmässä tulee käyttää suojalaitteita. Mainituista menettelyistä tulee soveltaa ainakin yhtä tapaa. (SFS 6000-7-753 2012, 552.)

Lämmitysyksiköt liitetään sähköasennukseen kytkentäliittimillä tai kylmäjohtimilla. Kylmäjohtimet liitetään lämmitysyksiköihin liitoksilla, jotka eivät ole avattavissa. Tällaisia liitoksia ovat esimerkiksi puristamalla tehdyt liitokset. (SFS 6000-7-753 2012, 552.) Jos kylmä- tai ohjausjohtimia on asennettu lämmitettävälle alueelle, on mahdollinen lämpötilan nousu otettava huomioon (SFS 6000-7-753 2012, 553).

Lämmitysyksikön kotelointiluokan on oltava vähintään IPX7, kun yksikkö asennetaan betonilattiaan tai vastaavaan (SFS 6000-7-753 2012, 552).

Lämmitysjärjestelmän asentajalla tulee olla jokaisesta lämmitysjärjestelmästä käytettävissä asennusohje ja suunnitelma. Asennusohje ja suunnitelma sijoitetaan lämmitysjärjestelmää syöttävään keskukseen tai sen läheisyyteen. Suunnitelma sisältää seuraavat asiat:

- lämmitysyksiköiden tyyppi, lukumäärä, pituus tai pinta-ala sekä sijoitus- ja/tai asennussyvyys
- teho pinta-alaa kohden
- lämmitysyksiköiden ja liitäntäkoteloiden sijoituspiirros
- johtimet, suojaukset ja vastaavat
- asennettu/lämmitetty alue
- mitoitusjännite ja kylmien lämmitysyksikköjen mitoitusresistanssi
- ylivirtasuojan mitoitusvirta ja vikavirtasuojan mitoitus toimintavirta. (SFS 6000-7-753 2012, 553.)

Lämmitysjärjestelmän asentajan on luovutettava kiinteistön haltijalle kuvaus lämmitysjärjestelmän rakenteesta, kun asennus on valmistunut. Kuvauksesta tulee ilmetä ainakin seuraavat asiat:

- selvitys lämmitysjärjestelmän rakenteesta
- sijoituspiirustus, jossa on esitetty seuraavat asiat

- lämmitysyksiköiden sijoitus
- lämmityspiirit ja niiden tehot
- asentaessa huomioon otetut erityisasiat, kuten
  - alueet, joille lämmittimiä ei ole asennettu
  - täydentävä lämmitys ja sen sijoitus
  - alueet, joita ei ole lämmitetty
- järjestelmän säätölaitteiden tiedot ja mahdollisten antureiden sijoitukset
- lämmitysyksiköiden tyypit ja niiden korkein käyttölämpötila. (SFS 6000-7-753 2012, 554.)

Lämmitysjärjestelmän asentajan on luovutettava kiinteistön haltijalle tarpeellinen määrä käyttöohjeita asennuksen valmistuttua. Yhden käyttöohjeen tulee sijaita järjestelmää syöttävässä keskuksessa tai sen läheisyydessä. Käyttöohjeiden tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- lämmitysjärjestelmän kuvaus ja sen toiminnan selostus
- lämmitysjärjestelmän ensimmäistä käyttökertaa koskevat asiat, kuten asiat, jotka koskevat kuivamista
- lämmitysjärjestelmän ohjauslaitteiden käyttö jatkuvan ja täydentävän lämmityksen ohjaukseen
- kalusteiden sijoitusrajoitukset
  - lattian peittävät peitteet, kuten yli 10 mm paksut matot, voivat kasvattaa lattian lämpötilaa, jolloin lämmitysjärjestelmän suorituskyky huonontuu
  - kiinteät kalusteet, jotka peittävät lattian kiinteästi tulee sijoittaa alueille, joihin lämmittimiä ei ole asennettu
  - täydentävän lämmityksen alueille ei suositella sijoitettavaksi kalusteita, jotka eivät kiinteästi peitä lattiaa, kuten mattoja ja helmallisia tuoleja
- mitoitettut alueet ja sijoituspaikat täydentävälle lämmitykselle
- toteamus, ettei lattialämmityksen takia lattiaan saa tehdä kiinnityksiä. Tämä vaatimus koskee vain alueita, joilla lämmittimiä on. (SFS 6000-7-753 2012, 554.)

#### 4.4 Lattialämmitystavat

Lattialämmitystapoja on kolme ja ne ovat samat, kuin sähkölämmitystavat, eli suora- varaava ja osittain varaava lattialämmitys.

Rakennuksessa on suora lattialämmitys, kun lämmitys on mitoitettu suoraan rakennuksen lämpöhäviöiden perusteella (ST 55.16 2006, 4). Suora lattialämmitys käy parhaiten kosteisiin tiloihin, kuten saunaan ja pesuhuoneeseen, koska lattialämmitys nopeuttaa tilojen kuivumista. Suoraa lattialämmitystä kuitenkin suositellaan nykyään käytettäväksi koko rakennuksessa.

Varaavassa lattialämmityksessä energiaa varastoituu yön aikana lattiaan. Termostaatti mittaa ja säätelee lattialämmityksen lämpötilaa yön aikana siihen asetettujen arvojen mukaisesti. Termostaatti

pysäyttää lämmityksen, jos asetettu maksimilämpötila saavutetaan. Aamulla lattian lämmitys lakkaa ja varautunut lämpö lämmittää huonetta päivän ajan.

Varaava lattialämmitys tarvitsee toimiakseen paksun betonilaatan lattiamateriaalina. Paksummalla betonilaatalla saadaan aikaan enemmän varaavuutta, mutta toisaalta paksun laatan nopea säädettävyyden on huono, koska se reagoi hitaasti säädön muutoksiin. Lattialämmityskaapelit asennetaan betonilaatan sisään. Betonilaatan varauskykyä saadaan hyödynnettyä parhaiten, kun varaava lattialämmitys mitoitetetaan paljon tilapäistä lämmöntarvetta suuremmaksi.

Varaava lattialämmitys oli ennen suosittu lämmitysmuoto, koska yösähkö oli huomattavasti halvempaa, kuin päivä sähkö. Nykyään yösähkön ja päivä sähkön hinnoitteluerot eivät ole kovin suuret, ja uusiin rakennuksiin tehdään paremmat eristykset. Paremmat eristykset aiheuttavat sen, että jos yöllä lämmitetään paljon, on päivällä aivan liian kuuma. Nykyään suositellaankin varaavan lattialämmityksen sijaan asentamaan lattialämmitys aivan lattian pintaan, huolehtimaan hyvistä eristyksistä ja käyttämään suoraa lämmitystapaa.

Osittain varaavassa järjestelmässä käytetään hyväksi halvempaa yösähköä, varaamalla lämpöä rakenteisiin yöllä. Lämpökaapelit ovat siis toiminnassaan yöllä termostaatin ohjaamina. Varautunut lämpö alkaa lämmittää aamulla rakennusta, kun termostaatti sulkee sähkönsyötön lämpökaapeleille.

Osittain varaavan lämmityksen ohjausjärjestelmän tulisi mahdollistaa myös lämmitysjärjestelmän päiväkäyttö, jotta varsinkin vuoden kylmimpinä kausina voidaan lämmitys laittaa päälle manuaalisesti, jos siihen on tarvetta. Osittain varaavalla järjestelmällä ei aina lämmityskaudella saa varattua yöaikaan lämpöä rakenteisiin riittävästi, joten päivällä ja etenkin illalla lämpötila voi laskea liikaa. Toinen vaihtoehto lämmityskauden kylmimpien päivien varalle on lisälämmitysjärjestelmä, joka voi koostua esimerkiksi sähkölämmittimistä tai kattoon tai lattiaan asennettavista lämmityskelmuista. (ST 55.16 2006, 4.)

#### 4.5 Lämpökaapelit

Lämpökaapelit jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan kolmeen eri tyyppiin: vakiovastus-, itsesäätyviin ja itserajoittuviin kaapeleihin. Nykypäivänä jokaisella kaapelityypiluokalla on tarjolla erilaisia teho- ja materiaalivaihtoehtoja. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 171.)

Lämmityskaapelit jaetaan myös lujuusluokkiin mekaanisen kestäväyytensä perusteella. Lujuusluokkia on käytössä kolme:

- lujuusluokka A: kaapelin mekaaninen lujuus on alhainen
- lujuusluokka B: kaapelin mekaaninen lujuus on keskimääräinen
- lujuusluokka C: kaapelin mekaaninen lujuus on korkea.

Lujuusluokan A kaapelit sopivat lähinnä tehdasmaiseen valmistukseen ja ne tulee asentaa lattiaan tai kattoon siten, että ne ovat täysin betonivalussa. Lujuusluokan B ja C kaapelit soveltuvat asennuspaikalla tehtäviin asennuksiin ja ne voidaan asentaa vapaammin, kuin lujuusluokan A kaapelit. (ST 55.16 2006, 2.)

Lujuusluokkien vaatimuksina ovat mekaanisen kuorman kesto puristuslujuustestissä ja vetolujuudessa. Puristuslujuustestissä lujuusluokan A kaapelin tulee kestää 300 N, lujuusluokan B kaapelin tulee kestää 600 N ja luokan C kaapelin tulee kestää 2 000 N. Jokaisen luokan kaapelin tulee kestää vetolujuudeltaan 120 N kuorma. (ST 55.16 2006, 2.)

Lämpökaapelin täytyy aina sopia mekaanisten ja sähköisten ominaisuuksiensa puolesta asennuspaikkaansa. Asennusympäristön perusteella valitaan oikeanlainen kaapeli, jonka vaippamateriaali kestää kyseisen asennuskohteen olosuhteet. Tärkeimpiä lämmityskaapelin huomioon otettavia ominaisuuksia ovat lämmönkestävyys, mekaaninen lujuus, itsestään sammuvuus, säänkestävyys, sitkeys sekä kemikaalien ja öljyn kestävyys. Useimmiten lämmityskaapeleissa on suojamaadoitettava metallivaippa tai metallinen kosketussuoja ja korroosiota kestävä eristeaineinen suojavaippa. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 172.)

Valmistajan tulee merkitä lämpökaapeliin nimensä ja kaapelin tuotemerkki. Merkinnät tulee löytyä kaapelista 0,2 tai 0,5 metrin välein riippuen ovatko merkinnät ulkovaipassa vai sisemmissä eristekerroksissa. Merkintöjen tulee olla selkeitä ja kaapelissa hyvin pysyvä. Jos kyseessä on mineraalieristeinen kaapeli, merkinnät voivat heikentää kaapelin kestävyyttä, joten merkinnät voivat olla kaapelin mukana tulevassa irtokilvessä. Kaapelin arvokilvessä ilmoitetaan kaapelin tyyppi ja nimellisvastus  $\Omega/\text{m}$  lämpötilassa  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kaapelissa voi olla muitakin merkintöjä, mutta ne ovat vapaaehtoisia. (ST 55.16 2006, 3.)

#### 4.5.1 Vakiovastuslämpökaapeli

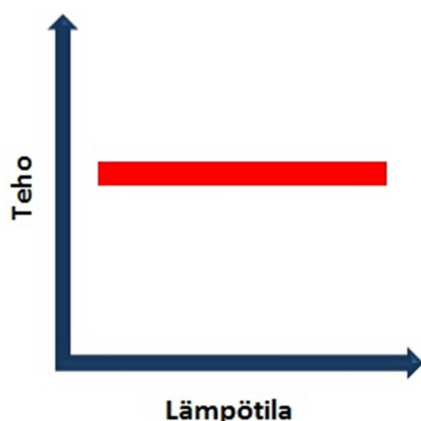
Tässä kaapelityypissä kaapelilla on vastusjohdin, jolla on tietty vastusarvo pituutta kohden, jolloin kaapelista saadaan ulos vakioteho. Tällöin myös mitä pidempi kaapeli on, sitä pienempi on sen kokonaisteho. Kaapelia ei saa katkaista, jatkaa tai haaroittaa, koska tällöin vastusarvo muuttuu. Kaapelia on saatavana yksi- tai kaksijohtimisena.

Yksijohtimisessa kaapelissa johdin on vastuselementti ja se tulee asentaa silmukkaan. Kaksijohdinkaapelissa molemmat johtimet voivat olla vastuselementtejä, tai toinen johdin voi vastuselementin sijasta olla paluujohdin. Kaksijohdinkaapelilla tulee kuitenkin aina olla loppupäässä loppupääte, jossa johtimet on yhdistetty. (ST 55.16 2006, 2.)

Vakiovastuskaapelin tyyppi, vastusjohdin ja pituus määräytyvät yleensä tehon tarpeen mukaan. Vakiovastuskaapeli voi ylikuumentua, koska se ei tunnista ympäristön lämpötilan muutoksia. Samasta syystä kaapelit eivät saa risteillä keskenään. Kaapelin valinnassa tulee ottaa huomioon myös valmistajien ohjeet ja suositukset.

Kaapelilla on erilaisia vaippa- ja eristemateriaaleja, kuten kumi-, muovi-, teflon- ja mineraalieristeisiä materiaaleja. Eristeen materiaali vaikuttaa enimmäkseen kaapelin suurimpaan sallittuun käyttölämpötilaan. Vakiovastuskaapelin teho on koko ajan vakio ja kaapelin lämpötila-tehokäyrä on nähtävissä kuviossa 2. (ST 55.16 2006, 3.)

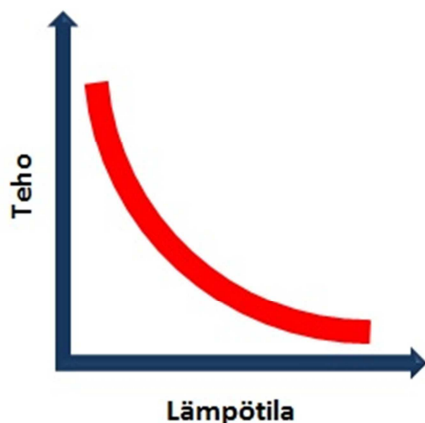
Vakiovastuskaapelia käytetään yleensä laatta- ja betonilattian kanssa, mutta sen saa asentaa myös puulattiaan, mitä ei kuitenkaan suositella. Jos vakiovastuskaapeli kuitenkin asennetaan puulattiaan, tulee ottaa huomioon standardien paloturvallisuusvaatimukset ylikuumenemisen varalta, koska vakiovastuskaapeli voi vaurioittaa puumateriaaleja.



KUVIO 2. Vakiovastuskaapelin lämpötila-tehokäyrä (Pentair Thermal Management 2014, 4.)

#### 4.5.2 Itsesäätyvä lämpökaapeli

Itsesäätyvässä lämpökaapelissa kaapelin äärijohtimien välissä on muovia, joka ei johda sähköä. Muovissa on tietty määrä hiiltä, joka taas johtaa sähköä. Lämpötilan ollessa alhainen kaapeliin muodostuu paljon hiilireittejä, jotka johtavat sähköä ja saavat kaapelin lämpenemään. Ilman lämpötilan ollessa korkea, hiilireittejä katkeaa ja kaapelin lämpötila laskee. (Pentair Thermal Management 2014.) Kaapelin lämpötila-tehokäyrä on kuvion 3 mukainen.



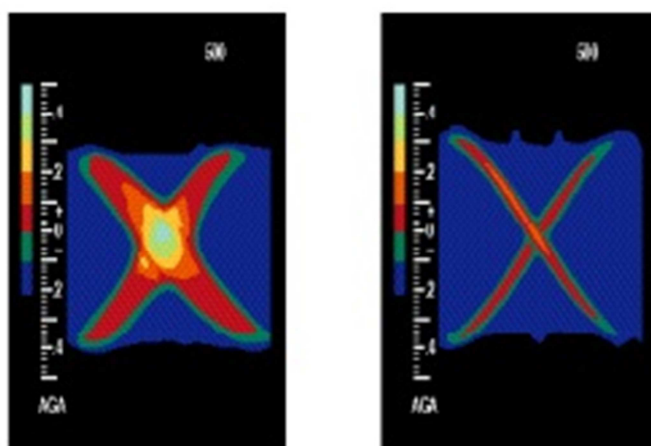
KUVIO 3. Itsesäätyvän lämpökaapelin lämpötila-tehokäyrä (Pentair Thermal Management 2014, 4.)

Kaapeli lämmittää niitä alueita enemmän, missä lämpötila on alhaisempi, kun taas lämpimiä alueita kaapeli lämmittää vähemmän. Tietty kaapeli voi siis olla eri osuuksiltaan eri lämpöinen. (ST 55.16 2006, 3.) Kaapeli huomioi lämpötilan muutoksen lisäksi jännitteen muutokset. Tällöin kaapelia voidaan säätää jopa 3 °C tarkkuudella anturin ja lämmityspiirin säätölaitteen avulla. Kaapelin tehoa voidaan säätää myös termostaatilla.

Itsesäätyvää lämpökaapelia voi jatkaa, haaroittaa ja katkoa portaattomasti. Kaapelilla ei ole ylikuumentumisvaaraa, koska se tunnistaa lämpötilan muutokset ja osaa reagoida niihin. Kaapeli voidaan kytkeä tästä syystä myös ristiin itsensä kanssa. Kuvassa 2 on nähtävissä lämpökuva vakiovastuslämpökaapeliin ja itsesäätyvien lämpökaapeliin ristiin kytkennästä. Lämpökuvasta huomataan, että itsesäätyvä lämpökaapeli ei lämpene liikaa edes ristiin asennettaessa.

Itsesäätyvää lämpökaapelia suositellaankin käytettäväksi herkkien lattiamateriaalien kanssa. Käytettyjä kohteita ovat myös erityisesti pienet tilat, joihin sopivan pituisia ja tehoisia vakiovastuslämpökaapeleita ei ole saatavilla. Lämpökaapelia käytetään myös usein putkien, räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapidossa sekä lämpimän käyttöveden saattolämmityksessä. (ST 55.16 2006, 3.)

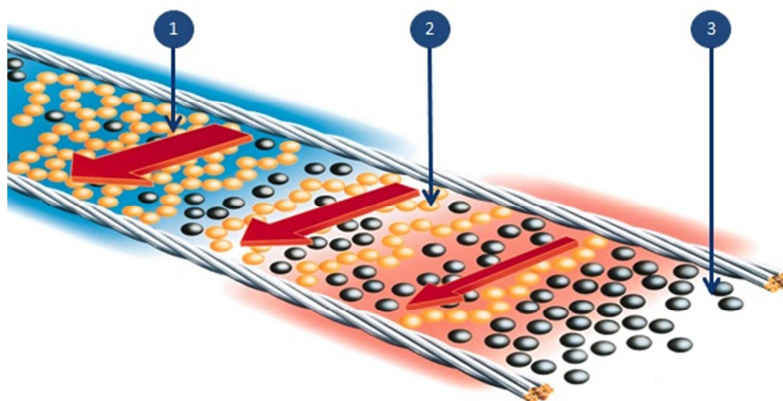
Itsesäätyvä lämpökaapeli tarvitsee kytkettäessä virtalähteeseen kytkentäpäättteen ja kaapelin loppupäähän loppupäättteen. (Pentair Thermal Management 2013c). Itsesäätyvä lämpökaapeli on yleensä hinnaltaan korkeampi, kuin muut lämpökaapelit.



KUVA 2. Vakiovastuslämpökaapeliin ja itsesäätyvän lämpökaapeliin ristiin kytkentöjen lämpökuvat. Vasemmalla vakiovastuslämpökaapeli ja oikealla itsesäätyvä lämpökaapeli (Pentair Thermal Management 2014, 5.)

Itsesäätyvä lämpökaapeli valitaan lämmitettävän tilan lämpöhäviöiden ja kaapelien teho- tai lämpötilakäyrien perusteella. Kaapeleiden kuormitustehot voivat olla 5 – 100 W/m. Kuormitustehoihin vaikuttavat nimellistehot ja asennusympäristö. Valmistajan kaapelikohtaisista

asennusohjeista selviää kaapeleiden maksimiasennuspituudet. Suojaukset mitoitetaan korkeimman tehon eli alhaisimman kytkentälämpötilan perusteella.



KUVA 3. Itsesäätyvän lämpökaapelin toimintaperiaate (Pentair Thermal Management 2014, 5.)

Kuvassa 3 havainnollistetaan itsesäätyvän lämpökaapelin toimintaa. Kuvassa

1 = Kylmä ympäristö -> suuri lämmitysteho.

Lämpötilan ollessa alhainen itsesäätyvän lämpökaapelin läheisyydessä kaapelin tehonluovutus kasvaa. Tällöin kaapelin polymeeriydin supistuu, ja syntyy useita uusia sähköliitännöitä yhdennettujen hiilihiukkasten välille.

2 = Lämmin ympäristö -> pieni lämmitysteho.

Kaapelin ympäristön lämmetessä lämmitysteho kaapelissa pienenee. Tämä johtuu kaapelin polymeeriytimen laajenemisesta, joka vähentää sähköliitännöiden määrää.

3 = Kuuma ympäristö -> lämmitysteho lähes nolla.

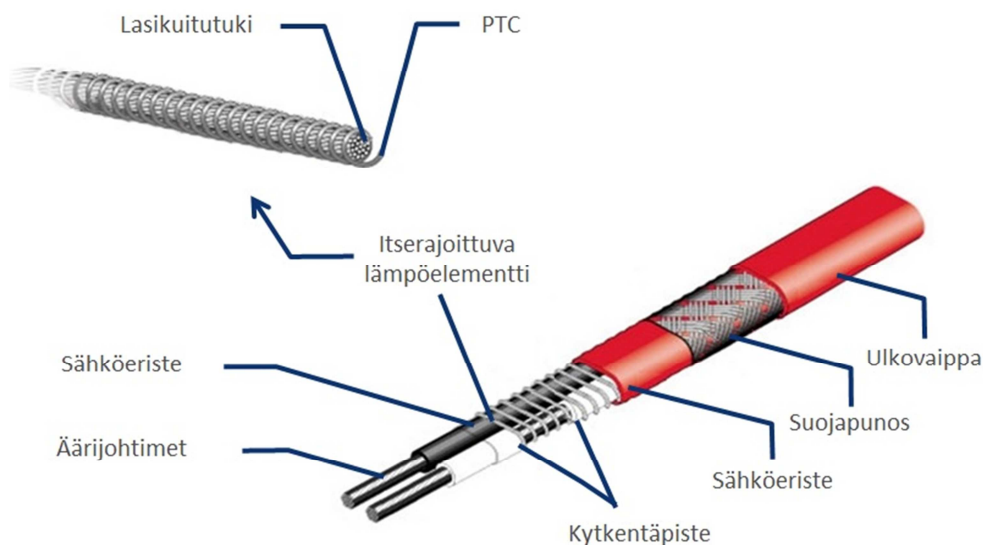
Lämpötilan ollessa korkea itsesäätyvän lämmityskaapelin läheisyydessä kaapelin tehonluovutus käytännössä loppuu kokonaan. Lähes kaikki sähköliitännät katkeavat kaapelin polymeeriytimen maksimaalisen laajenemisen vuoksi.

#### 4.5.3 Itserajoittuva lämpökaapeli

Itserajoittuvassa lämpökaapelissa eristetyn vaihe- ja nollajohtimen ympärillä kulkee kiertäen PTC-vastus. Vaihe- ja nollajohtimen johdineriste on paljastettu vuorotellen noin 0,8 – 1,5 metrin välein, jolloin vastus pääsee osumaan paljaaseen johtimeen. Paljastetut osuudet on mahdollista tuntea kaapelin ulkovaipan läpi ohentumina tai ne on merkitty ulkovaippaan. (ST 55.16 2006, 3.) Kuvassa 4 on havainnollistettu kaapelin rakennetta.

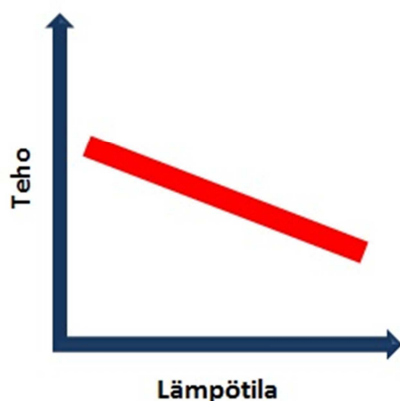


Itserajoittuva kaapeli säätää lämpötilaansa itse, muttei yhtä paljon kuin itsesäätyvä lämpökaapeli. Kaapelia ei suositella risteiltäväksi itsensä kanssa. Kaapelin lämpötila-tehokäyrä on nähtävissä kuviossa 4.



KUVA 4. Itserajoittuvan kaapelin periaatekuva (Pentair Thermal Management 2013f, 10.)

Asennettaessa kaapelin alkupäähän jätetään noin 0,8 – 1,5 metrin kylmä osuus, joka kytketään suoraan syöttöön, jos jakorasia on tarpeeksi lähellä. Vastaavasti loppupäähän jätetään 20 cm:n kylmä osuus ennen kytkentäpistettä. Kylmää osuutta kutsutaan kylmäkaapeliksi. (ST 55.16 2006, 3.) Kuitenkin, jos lämpökaapelin lämpötila ei voi ylittää  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , voidaan se kytkeä verkkoon suoraan ilman kylmää osuutta (SFS 6000-7-753 2012, 550).



KUVIO 4. Itserajoittuvan lämpökaapelin lämpötila-tehokäyrä (Pentair Thermal Management 2014, 4.)

Itserajoittuvaa lämpökaapelia voi katkoa noin metrin välein, ilman kaapelin alkupään tehon muutosta ja kaapeli kestää suurempia lämpötiloja kuin itsesäätyvä lämpökaapeli.

Kaapelin asennuspituus on rajallinen sen rakenteen vuoksi. Vähimmäisasennuspituus on yhden lämpenevän metrin. Kaapelin maksimiasennuspituus määräytyy kaapelin metritehon mukaan. 10 W/m metritehoisella kaapelilla maksimipituus on 120 m, 20 W/m metritehoisella kaapelilla maksimipituus on 90 m ja 30 W/m maksimipituus on 75 m. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 172.)

#### 4.6 Lämpökaapeleiden käyttökohteet lattialämmityksen lisäksi

Lämpökaapeleita voidaan käyttää monenlaisissa kohteissa ja monenlaisiin tarkoituksiin tavallisen lattialämmityksen lisäksi. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi ulkoalueiden, räystäskourujen, syöksytorvien ja sadevesijärjestelmien sulanapitoon sekä lämpimän käyttöveden saattolämmitykseen. Niillä voidaan lämmittää ja pitää sulana myös mm. putkistoja, portaita, ajoluiskia ja urheilukenttiä. Myös teollisuuteen on omat lämpö- ja sulanapitokaapelinsa. Yleisin lämmityskaapelin käyttökohde on kuitenkin jonkin tilan ensisijainen lämmitys tai mukavuuslämmitys. (ST 55.16 2006, 4.)

Lämmin käyttövesi voidaan lämmittää lämpökaapeleilla. Yleensä lämpimän veden tulo lämminvesivaraajalta vedenottopisteelle voi kestää, mutta jos vesiputket lämmitetään valmiiksi lämpökaapeleilla, saadaan heti lämmintä vettä. Tällöin vettä kuluu vähemmän ja myös asennuskustannuksissa säästetään, koska ei tarvita paluuputkistoa eikä kiertovesipumppua.

Lämmityskaapeleilla voidaan myös pitää sulana metalli- tai muoviputkia, jolloin kaapeli voidaan asentaa joko putken sisä- tai ulkopuolelle. Pakkasilla vesi jäätyy putkissa ja putket voivat halkeilla. Vaikka putkessa olisi eriste, lämpöä haihtuu silti pois putkesta. Putkien sulanapitojärjestelmillä putken lämpöhäviöt minimoidaan. Viemäriputkeen asennettaessa kaapelin tulee olla putken ulkopuolella. Jos kaapeli asennetaan juomavesiputken sisään, tulee kaapelin olla ulkovaipaltaan juomavesihyväksytty. Alle kolmemetriset ratkaisut voi toteuttaa vain itsesäätyvällä kaapelilla, mutta tätä pidemmät kaapelivedot voi tehdä myös vakiovastuskaapelilla. Suositeltavin kaapeli on kuitenkin itsesäätyvä kaapeli. (ST 55.16 2006, 4.)

Räystäskouruille ja sadevesijärjestelmille on saatavilla omia sulanapitojärjestelmiä. Sulanapitoa tarvitaan, koska aurinko ja rakennuksen lämpö sulattavat katoille sataneen lumen, joka voi jäätyä uudelleen. Räystäskouru ja katto voivat vahingoittua jään painosta, ja putoavat jäämuodostelmat voivat aiheuttaa vaaraa ja vahinkoa ihmisille tai autoille. Katolla seisova vesi taas voi aiheuttaa vahinkoa valumalla sisäseiniin ja rakenteisiin. Sadevesijärjestelmien sulanapitoon tarkoitetut lämmityskaapelit varmistavat katolta sulavalle jälle ja lumelle turvallisen poistumisreitit, ja samalla kaapeli huolehtii veden virtauksesta räystäskouruissa ja syöksytorvissa. Järjestelmää on mahdollista ohjata lämpötilan ja kosteuden perusteella, jolloin säästyy energiaa, kun kaapelit eivät lämpiä turhaan.

Myös ulkoalueille on omat sulanapitoratkaisunsa, jotka ovat toteutettavissa lämpökaapeleilla. Ulkoalueiden sulanapitoa tarvitaan, jotta alueet olisivat turvallisempia. Ajoluiskille, ulkoportaille, parkkialueille ja jalkakäytävälle muodostuu lunta ja jäätä, joka voi aiheuttaa vaaratilanteita. Oikea

sulanapitojärjestelmä estää lumen ja jään muodostumisen. Myös rakenteet kestävät paremmin, kun niihin ei muodostu jäätä. (ST 55.16 2006, 5.)

Teollisuudessa lämpökaapelijärjestelmillä voidaan esimerkiksi lämmittää pitkiä putkistoja ja säiliöitä, ylläpitää prosessilämpötiloja, varmistaa virtauksia ja toteuttaa routasuojaus. Suunniteltaessa teollisuuden lämpökaapeliratkaisuja tulee erityisesti ottaa huomioon mahdolliset ympäristötekijät, kuten kosteus, kemikaalit ja mahdollinen räjähdysvaarallinen tila.

Teollisuudessa sähkölämmitykseltä voidaan vaatia tiettyä toimintavarmuutta, mikä tulee myös ottaa erityisesti huomioon. Lämmityksen toimimattomuus saattaa teollisuudessa aiheuttaa häiriöitä tai välittömiä vaaratilanteita. Lisäksi on huomioitava mahdolliset erikoisvaatimukset. (ST-ohjeisto 11 2007, 8 - 9.)

Kun lämmityskaapeleita asennetaan muuhun käyttöön kuin lattialämmitykseen, noudatetaan standardin SFS 6000-7-753 liitettä 753X.3 Lämmityskaapelien asennus muuhun käyttöön kuin lattialämmitykseen.

Lämmityskaapelien tulee rakenteellisesti soveltua asennuspaikkaansa ja niiden asennuksessa sekä käytössä tulee noudattaa valmistajan ohjeita. Jos tarpeellista, kaapeli tulee suojata mekaanisilta vahingoilta ja kiinnittää varmasti paikoilleen. Kiinnitystarvikkeet eivät saa aiheuttaa kaapelille vaurioita. (SFS 6000-7-753X.3 2012, 556.)

Lämmityskaapelit tulee mitoittaa ja asentaa siten ja sellaisiin paikkoihin, etteivät ne vaurioita lämmöllään ympärillä olevia materiaaleja. Lämmityskaapeli ei saa estää muiden laitteiden tarpeellista jäähtymistä, mikä tulee ottaa huomioon kaapelin sijoituksessa. Jos lämmityskaapelin käytöstä voi aiheutua vaaraa normaalikäytössä tai vikatilanteessa, tulee kaapeli mahdollisuuksien mukaan asentaa kokonaan lämmönjohtokyvyltään samanarvoiseen väliaineeseen. (SFS 6000-7-753X.3 2012, 556.)

Lämmityskaapeli liitetään sähköverkkoon kiinteästi tai puolikiinteästi niin, etteivät kytkentätila ja kytkentätilan liittimet lämpene liian paljon. Vain itsesäätävillä ja itserajoittuvilla kaapeleilla sekä erikseen testatuilla rakenteilla voidaan käyttää pistokytkinliitintä. Liitäntä tehdään useimmiten käyttäen liitäntäkaapelia eli kylmäkaapelia. Jos lämmityskaapelin liitettävän osan lämpötila on enintään +70 °C normaalikäytössä, ei erillistä liitäntäkaapelia tarvita. (SFS 6000-7-753X.3 2012, 556.)

Lämmityskaapelista ei saa aiheutua palovaaraa sen ympäristölle ja erityisesti tämä on huomioitava silloin, kun kaapeli asennetaan palavasta rakennemateriaalista olevan rakenteen läheisyyteen. Lämpökaapeli saa aiheuttaa suurimmillaan +80 °C lämpötilan normaalikäytössä sen ympärillä olevassa palava-aineisessa rakenteessa. Erityistilanteissa kyseinen lämpötila voi olla vielä alhaisempi. Lämmityskaapelin palosuojaus selvitetään erikseen ja tarvittaessa lisäsuojauksena käytetään lämpötilanrajoitinta, jonka toimintaan lämpötilansäädin ei vaikuta. (SFS 6000-7-753X.3 2012, 557.)

Lämmityskaapelijärjestelmästä tehdään tarvittavat käyttöohjeet, merkinnät ja piirustukset. Kaapelien sijainnit tulee esittää piirustuksissa, jos kaapelit on peitetty. Tällöin kaapelien sijoituskohdat tulee myös tarvittaessa merkitä varoitustarroilla. (SFS 6000-7-753X.3 2012, 557.)

#### 4.7 Lämpökaapeleiden asennus

Lämmityskaapelit tulee aina asentaa siten, etteivät ne aiheuta vahinkoa tai ei toivottua jäähtymistä niitä ympäröivissä rakenteissa. Kaapelin kiinnitys tulee tehdä huolellisesti ja tarpeeksi lyhyin välein. Kaapelin kiinnitysväli saisi olla maksimissaan 2 – 3 kertaa kaapelin asennusvälin. Lämpökaapeli tulee asentaa koko pituudeltaan lämmönjohtokyvyltään samanarvoiseen aineeseen. Kaapeli vaurioituu herkästi, jos kaapelin vieressä on materiaaleja, jotka eivät johda lämpöä lainkaan rakenteisiin. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi eristepalat, ilmakuplat tai puiset elementit. (ST 55.16 2006, 5.) Lämpökaapelit voidaan käyttötavasta riippuen asentaa esimerkiksi lattiaan, betoniin, putkeen tai kouruun.

##### 4.7.1 Lämpökaapeleiden asennus lattiaan

Lattialämmityskaapelit asennetaan rakennuksessa ainakin tiloihin, joissa lattiat pinnoitetaan keraamisilla laatoilla. Tällaisia tiloja ovat useimmiten kylpy- ja pesuhuoneet sekä saunat, tuulikaapit, eteiset, kodinhoitohuoneet ja WC-tilat sekä joskus myös keittiöt. Näissä huoneissa lattialämmityskaapeleiden päälläoloaika määrätään ohjauksella, jolla käyttäjän on mahdollista valita erilaisia toimintoja, kuten koko ajan päällä, päällä vain yöllä ja ei päällä. Tällöin käyttäjän on mahdollista valita käytetäänkö lattialämmitystä suorana vai varaavana. (Ahoranta 2003, 190.)

Alue, joka halutaan lattialämmityskaapeleilla lämmittää, valetaan kahdesti. Ensimmäisenä valetaan noin 10 cm pohjavalu, ja pohjavalun päälle asennetaan lattialämmityskaapelit. Kun lattialämmityskaapelit on asennettu, päälle valetaan pintavalu. Lämmityskaapeleiden asennusväli määritellään yleensä vasta asennusvaiheessa. Asennusväliä suunniteltaessa otetaan huomioon ulkoseinän läheisyys ja lämmitettävän tilan lämmöntarve. Tyypillisesti asennusväli on noin 15 – 20 cm. (Ahoranta 2011, 190.)

Lämmityskaapeleita ei saa asentaa kiinteiden kalusteiden tai väliseinien alle, mutta muuten kaapelit asennetaan koko alueelle lämmitettävään tilaan. Kaapeleita ei saa myöskään asentaa liian lähelle muovisia viemäriputkia. Kaapelin minimietäisyys WC-kalusteista, lv-putkista, lattiakaivoista ja kiinteistä kalusteista on 10 cm. Kaapeleita voidaan tarvittaessa asentaa huoneesta toiseen, mutta siitä tulee aina sopia erikseen. (Ahoranta 2011, 190 - 191.)

Asentaessa tulee aina noudattaa valmistajan antamia ohjeita. Ennen vakiovastuskaapelin asentamista, sen resistanssi ja eristysresistanssi tulee mitata kaapelin kunnon varmistamiseksi. Resistanssi mitataan yleismittarilla kaapelin johdinlenkistä ja mitatun arvon tulisi olla kaapelin

arvokilven mukainen. Eristysresistanssi mitataan kaapelin vaihe- ja nollajohtimesta suojajohtimeen ja mitatun arvon tulisi olla suurempi kuin 100 M $\Omega$ .

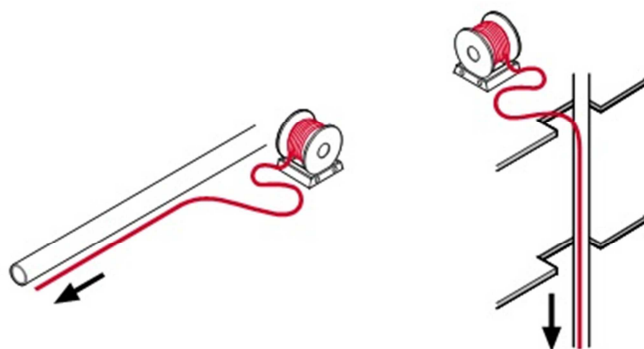
Ennen kaapelin asennusta lattiaan tulee lattia puhdistaa huolellisesti ja suunnitella kaapelin aloituskohta ja etenemissuunta. Kaapelin asennusreitti voidaan luonnostella lattiaan ja mahdolliset teipit, asennuslistat tai muut kiinnityskomponentit kiinnitetään lattiaan. Aluksi kaapelin kylmääpää asennetaan asennusputkeen, jonka jälkeen lämmityskaapeli asennetaan lattiaan ja samalla kaapeli kiinnitetään teippiin, asennuslistaan tai -nauhaan tai rauditusverkkoon. Kaapeli tulee purkaa kelalta pyörittämällä kela, jotta kaapeliin ei tule kierteitä. Jos on käytetty kiinnityskiskoja, kaapeli kiinnitetään kiskoihin sopivilla kiinnikkeillä. (Ahoranta 2011, 190.)

Kun kaapeli on kiinnitetty tukevasti lattiaan, sen eristysresistanssi mitataan uudelleen. Jos kyseessä on vakiovastuskaapeli, myös sen resistanssi mitataan. Mittauksen jälkeen lattian pintaan valetaan pintavalu. Ennen pintavalua huoneessa ei saa kävellä, jottei vaurioita lattialämmityskaapelia. (Ahoranta 2011, 194.) Pintavalun jälkeen mittaukset tehdään uudestaan ja mittauks tulokset merkitään mittauspöytäkirjaan, joka kaapelivalmistajasta riippuen yleensä tulee lämmityskaapelin mukana. Kaapelin kylmääpään sijainti tulee merkitä asennuspiirustuksiin. (Ahoranta 2011, 197.)

Lopuksi kytketään kaapelin kylmääpää ja asennetaan anturi. Ennen anturin asennusta mitataan anturin resistanssi ja verrataan sitä asennusohjeen arvoon. Anturi työnnetään suojaputkeen ja sijoitetaan sopivaan kohtaan lattiassa, josta se mittaa lattian lämpötilaa. Anturi tulee sijoittaa mahdollisimman keskeiselle paikalle eikä liian lähelle lämmityskaapelia. (Ahoranta 2011, 197.)

#### 4.7.2 Lämpökaapeleiden asennus putkeen

Asentaessa tulee noudattaa aina kaapelivalmistajan ohjeita. Lämmityskaapelit on mahdollista asentaa muovi- tai metalliputkeen sisä- tai ulkopuolelle. Putken pinnalle kaapeli asennetaan suorana joko vaaka- tai pystysuoraan putkeen, kuten kuvassa 5. Kaapeli kiinnitetään putkeen joko nippusiteillä tai teipillä. Kaapelia ei tarvitse kiertää putken ympärille ja se tulee asentaa putken mahdollisten taivutusten ulkosivuille.

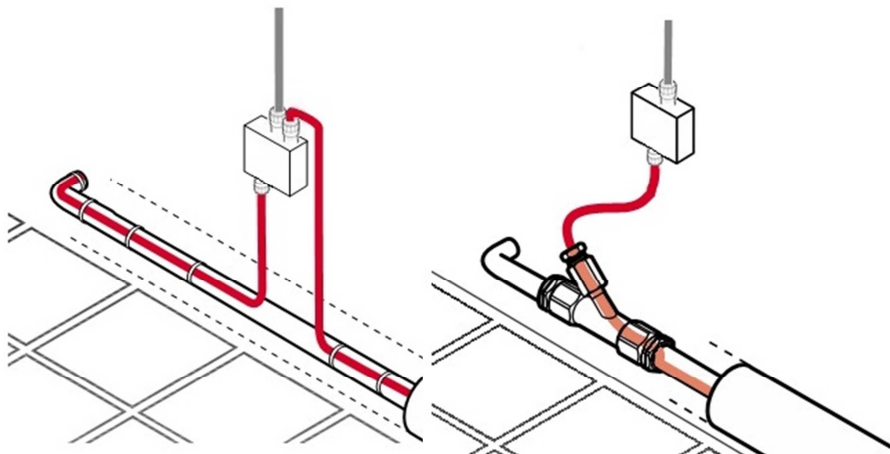


KUVA 5. Lämpökaapelin asennus vaaka- tai pystysuoraan putkeen (Pentair Thermal Management 2013e, 14.)

Putkiin asennettaessa tulee ottaa huomioon putken lämpöhäviöt, joihin vaikuttavat mm.

- putken mahdollisen eristeen paksuus
- putken halkaisija
- putken ylläpitolämpötila
- ympäristön lämpötila.

Kun kaapeli asennetaan putken sisään jossa virtaa vettä tai muuta ainetta, tulee ottaa huomioon että kaapeli varmasti soveltuu asennettavaksi kyseiseen ympäristöön. Juomaveteen asennettaessa kaapelin ulkovaipan tulee olla juomavesihyväksytty, ja jos putkessa virtaa jokin kemikaali tulee kaapelin ulkovaipan olla kemikaalinkestävä. Kuvassa 5 on nähtävissä asennusesimerkki putken pinnalle ja putken sisälle tehdyistä asennuksista.



KUVA 5. Asennusesimerkki asennuksesta putken pinnalle vasemmalla ja putken sisään oikealla (Pentair Thermal Management 2013e, 16.)

#### 4.8 Muut lattialämmitysovellukset

Lattialämmitys voidaan toteuttaa lattialämmityskaapelin lisäksi lämpökaapeliverkoilla, lämpökaapelimatoilla tai lattialämmityselementeillä. Jos käytetään valmiiksi verkkoon kiinnitettyä kaapelia eli lämpökaapeliverkkoa, on mitoitus teho tyypillisesti  $100 - 150 \text{ W/m}^2$ . Verkkojen kokonaisteho määräytyy maton koon perusteella. Lämmityskaapeli lämpökaapeliverkoissa on hyvin ohut. Verkkoja käytetään yleisimmin kosteissa tiloissa.

Lämpökaapelimatto muodostuu kaapelista ja teipeistä, joista rullataan auki matto, joka kiinnitetään raudoitusverkkoon nippusiteillä tai muilla kiinnikkeillä. Maton asennus on nopeampaa kuin yksittäisten lämpökaapelien. Maton pituus määrää kaapelimaton kokonaistehon. Kaapelimatot ovat vakiolevyisiä.

Lattialämmitysratkaisuissa vaihtoehtoja ovat myös lattialämmityselementit. Ne vastaavat rakenteeltaan kattolämmityselementtejä, mutta niissä ei ole kiinnityskohtia elementtien keskellä ja

tehot neliömetrejä kohti ovat alhaisempia. Tyypillisiä tehoja ovat  $60 - 120 \text{ W/m}^2$ . Elementtien ja lattiapinnan väliin tulee jäädä tyhjää tilaa valmistajan ohjeiden mukaisesti ja elementin ja sen alapuolella olevan lattiarakenteen lämpöresistanssi tulee ottaa huomioon. Lattiarakenteen lämpöresistanssi ja lattiaan syntyvät lämpöhäviöt huomioidaan kertomalla huoneen häviöteho luvulla 1,2. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 169.)

Jos rakennuksen lämmitystapa on suora, säädetään lattialämmityselementtejä yleisimmin elektronisella huonetermostaatilla tai säätökeskuksen kautta. Jos lattialämmityselementtejä käytetään lattiapinnan mukavuuslämpönä, säätö tapahtuu parhaiten lattiatermostaatilla. (Saastamoinen ja Kauppila 2013, 169.)

## 5 OPINTOMATERIAALI RAYCHEMIN LÄMPÖ- JA SULANAPITORATKAISUISTA

Opintomateriaalin tuli kattaa kuusi eri osa-aluetta ja niiden tuli toimia joko itsenäisinä osa-alueina tai yhtenä kokonaisuutena. Materiaalin piti olla yksinkertainen, jotta sen voi luovuttaa ammatti- tai ammattikorkeakoulun opettajan itsenäiseen opetuskäyttöön. Materiaali tehtiin ainoastaan Raychemin tuotteista, joten kaikki ratkaisut eivät välttämättä toimi tai ole sallittuja muiden valmistajien tuotteilla. Myöskään kaikki asiat eivät välttämättä koske muiden, kuin Raychemin tuotteita.

Materiaalin aihealueita ovat

- lattialämmitys
- lämpimän käyttöveden saattolämmitys
- räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapito
- putkien sulanapito
- ulkoalueiden sulanapito
- teollisuuden lämpökaapelit.

Materiaalit aiheisiin koottiin lähinnä Pentair Thermal Managementin (jatkossa Pentair) esitteistä, oppaista, ohjeista ja muista materiaaleista. Lähteinä käytettiin myös standardeja, määräyksiä ja muita materiaaleja. Materiaalit koottiin Office PowerPoint-diaesityksiksi.

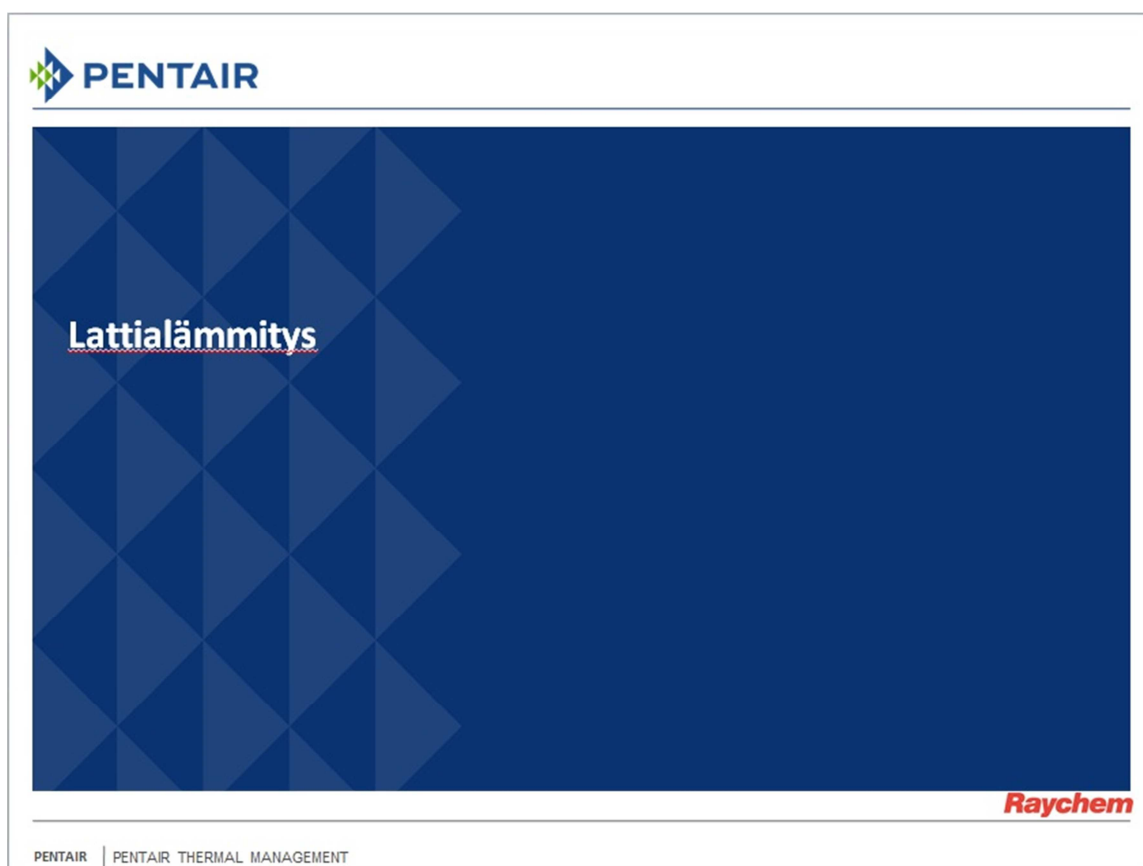
Materiaaleja varten tehtiin oma yksinkertainen sovelluspohja, jonka voi asentaa tietokoneelle ja joka luo asennettaessa pikakuvakkeen tietokoneen työpöydälle. Sovelluksesta haluttiin mielenkiintoinen, helppokäyttöinen ja ulkonäöltään siisti. Sovellukseen haluttiin lisäksi aihealueet "Videot" ja "Ohjeita opettajalle". Videot-osioon tuli asennusvideoita Raychemin tuotteista ja ohjeita opettajalle-osioon lisättiin lyhyt ohjeistus sovelluksen ja materiaalin käytöstä opettajalle. Lisäksi jokaiseen osioon lisättiin esitteitä ja pikavalintaoppaita kyseisestä aiheesta, jotka avautuvat PDF-muodossa.

Tässä raportissa opintomateriaalien rakennetta esitellään yleisesti, jonka jälkeen niistä kerrotaan aihealueittain, kuten ne valmiissa diaesityksissä ovat. Tämän jälkeen käydään läpi sovelluksen ohjelmointia ja valmiin ohjelman toimintaa. Lopuksi yhteenvedossa käydään läpi opinnäytetyön tavoitteita ja miten toteutus vastasi tavoitteita.

### 5.1 Opintomateriaalien rakenne

Jokaisesta materiaalista haluttiin sekä itsenäisesti että kokonaisuuden yhtenä osana toimiva elementti. Tästä syystä jokaisen aihealueen aluksi tehtiin lyhyt esittely yhtiöstä (Pentair Thermal Management) ja tuotemerkestä (Raychem). Yhtiön esittely ja tuotemerkin esittely ovat kumpikin yhden PowerPoint-kalvon laajuisia.





KUVA 6. Esimerkki otsikkodian ulkonäöstä.

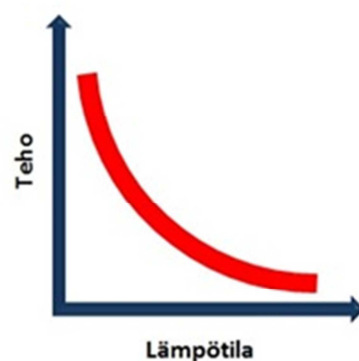
Raychemin tuotteista eniten esille haluttiin tuoda itsesäätyvää lämpökaapelia ja sen toimintaa. Jokaisessa materiaalissa on yhtiö- ja tuotemerkkiesittelyn jälkeen kolmen dian laajuinen esittely itsesäätyvästä lämpökaapelista. Raychem-tuotemerkin alla on kehitetty jokaiselle aihealueelle oma itsesäätyvä lämpökaapeli, ja materiaalin alussa esitellään itsesäätyvän lämpökaapelin toimintaa yleisesti. Lisäksi materiaaleissa "Lattialämmitys", "Ulkoalueiden sulanapito" ja "Teollisuuden lämpökaapelit" on alussa kerrottu vakiovastuslämpökaapelin toiminnasta ja ominaisuuksista.

Standardien mukaan, kun lämpökaapeli asennetaan muuhun kuin lattialämmityskäyttöön, sitä ei saa asentaa ympäristöön, jossa se voi aiheuttaa +80 °C suuremman lämpötilan sitä ympäröivissä palava-aineisissa rakenteissa. Vakiovastuskaapeli ei osaa reagoida ympäristön lämpötilaan, joten se voi aiheuttaa suuremman kuin standardien salliman lämpötilan palava-aineisessa ympäristössään. Tästä syystä vakiovastuskaapelia ei pitäisi käyttää muualla kuin lattialämmityksessä, ulkoalueilla ja teollisuudessa ja silloinkin vain herkästi syttymättömien materiaalien läheisyydessä. Tästä johtuen vakiovastuskaapeli esitellään opintomateriaalissa vain aihealueissa, joihin Raychemilta löytyy sopivat vakiovastuskaapelit. Teollisuuden lämpökaapelit-materiaalissa esitellään myös itserajoittuvan lämpökaapelin ominaisuuksia ja toimintaa. Raychemilla ei ole itserajoittuvia lämpökaapeleita muuhun kuin teollisuuskäyttöön, joten muista materiaaleista kyseisen kaapelin esittely jätettiin pois.

## Itsesäätyvä lämpökaapeli

- Kaapelin äärijohtimien välissä on muovia, johon on sekoitettu tietty määrä hiiltä
- Lämpötilan ollessa alhainen äärijohtimien väliin muodostuu paljon hiilireittejä, jotka johtavat sähköä ja saavat kaapelin lämpenemään
- Ympäristön lämpötilan noustessa hiilireittejä katkeaa ja kaapelin teho pienenee

Lämpötila - tehokäyrä



**Raychem**

PENTAIR | PENTAIR THERMAL MANAGEMENT

KUVA 7. Esimerkki asiadian ulkonäöstä.

Jokaisesta materiaalista tehtiin mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman samankaltainen ja -tyylinen. Fontit, tekstivärit ja asetelut pyrittiin pitämään samana. Pentairilla oli oma tausta otsikkodioille ja muille dioille, joita muokattiin sopiviksi ja käytettiin läpi esitysten. Kuvassa 6 on nähtävissä esimerkki otsikkodiasta ja kuvassa 7 on esimerkki itsesäätyvästä lämpökaapelista kertovasta diasta. Yhtiön nimen tuli sijaita alhaalla vasemmalla ja tuotemerkin nimen tuli sijaita oikealla muotoiluviivan yläpuolella.

Esitykseen pyrittiin liittämään paljon kuvia, jotta siitä saatiin mielenkiintoisempi. Lähes kaikki kuvat ovat Pentairin materiaaleista. Kuvia tehtiin ja muokattiin myös pelkästään materiaaleja varten. Materiaaleissa pyrittiin säilyttämään sama linjaus myös asiasisällössä. Aluksi esitellään yhtiö ja tuotemerkki, jonka jälkeen esitellään yleisesti aiheeseen liittyvien kaapeleiden ominaisuudet. Nämä diat ovat kaikissa esityksissä samat.

Tämän jälkeen kerrotaan, miksi kyseiseen alueeseen tarvitaan lämmitys- tai sulanapitoratkaisuja. Tästä käytännössä alkaa kyseisen aiheen oma materiaali. Yleensä käytetään periaatekuvia ja sen apuna lyhyttä selostusta. Tämän jälkeen esitellään aihealueelle tarkoitettut Raychemin kaapelit ja muut mahdolliset tuotteet poikkeuksena materiaali teollisuuden lämpökaapeleista, jossa kaapeleita on aivan liian paljon esiteltäväksi lyhyesti, joten kaapeleiden esittelyt jätettiin pois. Useimmiten kaapeleista esitetään myös periaatekuva. Pentairin kattavan Lämpökaapelit 2013-esitteen lopussa on

nähtävissä kaapelityyppien vertailuja ja teknisiä tietoja (Liite 1) muilta aihealueilta paitsi lattialämmityksestä ja teollisuuden lämpökaapeleista.

Kaapeliesittelyjen jälkeen kerrotaan kyseiseen aiheeseen suunnitelluista Raychemin termostaateista ja ohjausyksiköistä. Tämän jälkeen esitetään mahdollisia asennusohjeita ja suosituksia, standardeja tai muuta aiheeseen sopivaa materiaalia. Lopuksi jokaisesta aihealueesta on yksi harjoitustehtävä, poikkeuksena materiaali lattialämmitys, josta on viisi harjoitustehtävää. Harjoitustehtävässä tulee valita aiheeseen liittyvä sopiva kaapeli ja mahdolliset asennustarvikkeet sekä selvittää johdonsuojakatkaisijoiden määrä. Harjoitustehtävän jälkeen esitetään oikeat vastaukset ja mahdolliset periaatekuvat vastauksesta. Valituista tuotteista on mainittu sähkönumerot.

## 5.2 Lattialämmitys

Lattialämmityksestä yhtiöllä on kaikista eniten materiaalia. Pentair järjestää urakoitsijoille sertifiointikursseja Raychemin lattialämmitystuotteista, jonka käytyään urakoitsija saa asentamilleen Raychem-lattialämmitystuotteilleen 12 vuoden takuun sijasta 20 vuoden takuun. Opinnäytetyön opetusmateriaalia kyseisestä aiheesta alettiin tehdä tuon kurssin materiaalien pohjalta.

Raychemin sertifiointikoulutusta urakoitsijoille opettaa Pentairin työntekijä, jolla on jo valmiiksi paljon tietoutta aiheesta ja tuotteista. Työntekijä pystyy opettaessaan kertomaan asioita, mitä ei materiaaleissa edes mainita. Opintomateriaaleja tehdessä tuli siis ottaa huomioon, että materiaali menee opettajalle, joka ei välttämättä tiedä kyseisistä asioista niin paljon kuin Pentairin työntekijä. Opintomateriaalissa asiat tuli esittää siten, että sähkötekniikan opettaja ammatti- ja ammattikorkeakoulussa pystyy niitä opettamaan itsenäisesti ilman kursseja tai ohjausta.

Myös se tuli ottaa huomioon, että Raychemin sertifiointikurssi on tarkoitettu sähköurakoitsijoille, joilla voi olla jo vuosien kokemus lattialämmitystuotteista ja niiden suunnittelusta ja asennuksesta. Opinnäytetyössä opintomateriaali tehtiin kouluihin, joissa materiaalia näytetään opiskelijoille. Opiskelijoilla on pääsääntöisesti vähemmän tietoutta lattialämmitystuotteista ja niiden asennuksesta, kuin kyseistä työtä tekevillä urakoitsijoilla. Täten materiaalin tuli olla selventävämpi ja helpommin ymmärrettävissä kuin urakoitsijoille tarkoitettussa sertifiointikoulutuksessa. Myös joitakin asioita tuli lisätä tai poistaa kokonaisuuden hahmottamisen helpottamiseksi.

Lattialämmitysmateriaalissa on yhteensä 46 PowerPoint-diaa. Aluksi esitetään yhtiö, tuotemerkki, itsesäätyvä lämpökaapeli ja vakiovastuslämpökaapeli. Tämän jälkeen lattialämmitykseen tarkoitetut kaapelityypit esitellään yksi kerrallaan. Raychemin lattialämmityskaapeleihin kuuluu vakiovastuslämpökaapeleita, vakiovastuslämpökaapelimatto sekä yksi itsesäätyvä lämpökaapeli. Myös muut Raychemin lattialämmitystuotteet esitellään kaapeleiden jälkeen.

Raychemin lattialämmitykseen tarkoitettu vakiovastuslämpökaapeli on nimeltään T2Blue, ja sitä on saatavana kahdella eri teholla, noin 10 W/m ja noin 20 W/m. Kummatkin ovat ohuita ja joustavia kaapeleita, mikä tekee niistä helposti käsiteltäviä. T2Blue-10 eli pienempitehoinen lämpökaapeli on

tarkoitettu matalamman valun kohteisiin, kuten saneerauskohteisiin, matalaenergiataloihin ja herkille lattiamateriaaleille. Matalammalla valulla eli pintavalulla tarkoitetaan rakennekorkeudeltaan noin 10 – 20 mm korkeita valuja.

Suurempitehoinen kaapeli eli T2Blue-20 on tarkoitettu erityisesti uudiskohteisiin ja 30 – 50 mm paksuihin valuihin. Sen käyttökohteita voivat olla myös suurempaa tehoa vaativat tilat kuten kellarit ja terassit. Kumpikin kaapeli soveltuu sekä kuiviin, että kosteisiin tiloihin. Kaapeleita on saatavana myös asennusvalmiina pakkauksina, joissa kylmäkaapeli on jo asennettu lämpökaapeliin. Kaapeleita on saatavana useilla eri pituuksilla. Nykyään suositellaan, että lattialämmityksen kanssa käytettäisiin lisäeristeitä ja että pienempitehoinen kaapeli asennetaan mahdollisimman pintaan, koska niin säästetään energiaa. Tästä syystä pienempitehoinen T2Blue-10 lisäerityksellä on useimmiten suositeltavampi ratkaisu kuin suurempitehoinen kaapeli.

Raychem tarjoaa myös vakiovastuskaapelia, joka on valmiiksi kiinnitetty lämpöverkkoon. Tuote on nimeltään T2QuickNet-90, ja sen teho on noin  $90 \text{ W/m}^2$ . Lisäksi on olemassa T2QuickNet-160, jonka teho on noin  $160 \text{ W/m}^2$ , mutta sitä ei ole saatavilla Suomessa. Vakiovastuslämpökaapelimatto asennetaan aivan lattian pintaan. Lämpökaapelimatto kannattaa valita silloin, kun kohteen lattiassa on vain vähän korotusvaraa. Lämmitysmatossa on valmiina liimapinta, joka painellaan lattiaan kiinni. Tämä tekee asennuksesta erityisen helppoa ja nopeaa. Kuvassa 8 on nähtävissä T2QuickNet lämpökaapelimatto ja myyntipakkaus.



KUVA 8. T2QuickNet-90 lämpökaapelimatto ja myyntipakkaus (Pentair Thermal Management 2013c.)

Kolmas Raychemin vakiovastuslämpökaapelivaihtoehto lattialämmitykseen on kaksijohdinkaapeli CeraPro, joka myydään kokonaisuudessaan asennusvalmiina pakkauksena. CeraPro asennetaan T2QuickNetin tavoin lattiaan hyvin pintaan, sillä se on hyvin ohut. Kaapelin teho valitaan sopivan asennusvälin perusteella. Kaapeli tulee valmiilla kelalla, josta se on helppo asentaa ja siihen on

asennettu kylmäkaapeli valmiiksi. Kaapelipakkauksessa mukana tulevat myös kaapeliverkko, kiinnitysteippi sekä kuumaliimaa, jolla kaapelin kiinnitys voidaan varmistaa. Lisäksi pakkauksessa on mittatyökalu, jolla kaapelin asennusväli suunnitellaan ennen asennusta. Kaksipuolinen asennusteippi kiinnitetään puhdistetulle ja pohjustetulle lattialle, johon lämpökaapeli kiinnitetään suunnitellulla asennusvälillä. Kiinnitysten päälle asennetaan verkkoteippi, ja kaapelin kiinnitys varmistetaan vielä kuumaliimalla. Lopuksi asennetaan lattialaatat tai tasoitevalu.

Raychemin itsesäätyvä lämpökaapeli lattialämmitykseen on T2Red ja sen metriteho on noin 5 – 15 W. Kaapelia on saatavilla metreittäin kelalta tai asennusvalmiina lämpökaapelipakkauksena. Kaapelia suositellaan käytettäväksi ainakin silloin, kun lattiamateriaali on paloherkkää materiaalia, mutta sitä voidaan käyttää kaikkien lattiamateriaalien kanssa. Asennusvalmiit lämpökaapelipakkaukset sisältävät kaapelin lisäksi termostaatin, anturikaapelin suojaputken, holkkeja ja kuumaliimaa. Kuvassa 9 on nähtävissä T2Red-kaapeli metritavarana kelalla ja valmiina myyntipakkauksena.



KUVA 9. T2Red-itsesäätyvä lämpökaapeli. Vasemmalla metritavarana saatava kaapeli kelalla (Pentair Thermal Management 2013c) ja oikealla asennusvalmis myyntipakkaus (Pentair Thermal Management 2013d, 3.)

Raychem tarjoaa myös kaapeleidensa lisäksi eristelevyjä paremman lämmitystuloksen takaamiseksi. Eristelevyt asennetaan lattiaan pintalattian alle ja niiden päälle asennetaan lämpökaapelit. Eristelevy estää lämmön pääsyn alas rakenteisiin ja ohjaa lämpöä ylös. Tällöin säästetään lämpöhäviöissä ja energiassa. Eristelevyn ansiosta lattia myös lämpenee nopeammin. Vakiovastuskaapeleille ja itsesäätyville kaapeleille on omat eristelevynsä.

Vakiovastuskaapelille on tarkoitettu eristelevy Isolecta. Sitä voidaan käyttää T2Blue- ja CeraPro-lämpökaapeleiden ja T2QuickNet-lämpökaapelimaton kanssa. Isolecta-eristelevy voidaan asentaa kuiviin ja kosteisiin tiloihin ja sen korkeus on 10 mm.

Itsesäätyvälle lämpökaapelille eli T2Redille on oma eristelevynsä, T2Reflecta. Kyseisessä eristelevyssä on alumiininen lämpöä ylöspäin heijastava pinta, joka nopeuttaa näin lattian lämpenemistä entisestään. Levyssä on lisäksi valmiit urat lämpökaapelille. Levyn rakennekorkeus on

13 mm ja sen kanssa ei tarvita lattiatasoitetta, koska lattia voidaan asentaa suoraan sen päälle. T2Reflectaa ei saa asentaa kosteisiin tiloihin. Kun kosteisiin tiloihin asennetaan itsesäätyvä lämpökaapeli, tulee sen kanssa asentaa T2Isolecta-eristelevy.



KUVA 10. Raychem-TC-NRG-termostaatti ja sen myyntipakkaus (Pentair Thermal Management 2013c.)

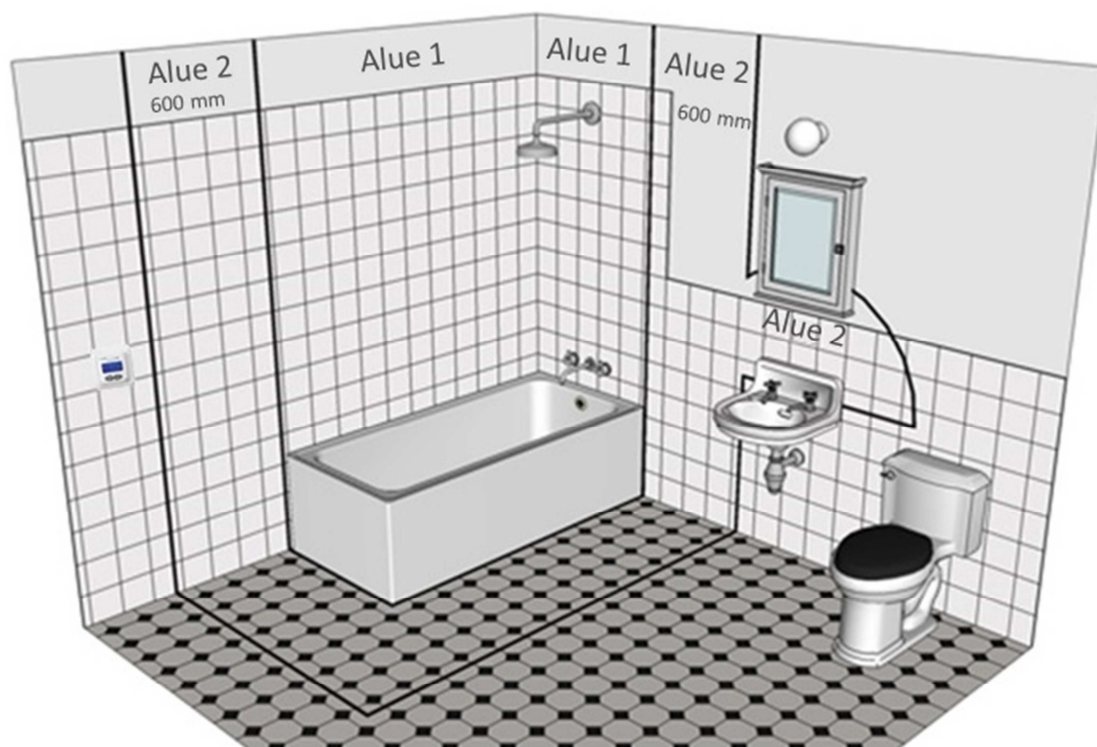
Raychemin lattialämmityskaapeleiden kanssa kannattaa asentaa Raychemin ajastimella varustettu TC-NRG-termostaatti, koska tällöin säästetään enemmän energiaa. Termostaatin voi valita lattija/tai huonetermostaatiksi. Termostaattia voi käyttää perustermostaattina, jolloin lämpötilaa säädetään laitteen + ja -painikkeilla. Termostaatissa on myös kaksi valmiiksi ohjelmoitua ohjelmaa; EcoHome kotikäyttöön ja EcoOffice toimistokäyttöön. Lisäksi termostaattiin voi ohjelmoida itse haluamiaan ohjelmia. Termostaatissa on LCD-näyttö, josta nähdään lämpötilan lisäksi esimerkiksi lattialämmityksen päälläolo. Kuvassa 10 nähdään termostaatti ja sen myyntipakkaus.

Tuote-esittelyjen jälkeen materiaalissa esitellään tarkemmin tärkeimmät standardit ja asetukset. Standardeja, joista otteita opintomateriaaliin on lainattu, ovat SFS 6000-7-753 Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lämmitysjärjestelmät ja SFS 6000-61 Käyttöönottotarkastus.

Standardi SFS 6000-61 vaatii jokaiselle sähköasennukselle käyttöönottotarkastusta. Lisäksi tarkastuksen tuloksia pitää vertailla vaatimuksiin, jotta varmistetaan standardin vaatimuksien täyttyminen. (SFS 6000-61 2012, 353.)

Opintomateriaalissa kerrotaan tärkeimmistä asetuksista, jotka koskevat lattialämmitystä puulattian alla. Puulattian korkein sallittu pintalämpötila on +27 °C, ja tämä koskee myös lämpötilaa mattojen ja huonekalujen alla. Lattian pintalämpötilan tulee olla hyvin tasainen koko lattiapinnan alueella. Lattialämmityksen päälle ei saa asentaa lamellirakenteista puulattiaa, jonka pintakerros on pyökkiä tai vaahteraa. Puulattia voi kuivua liikaa, jos lämmitysjärjestelmän ja lattian väliin jää ilmarako, joten ilmarakoa ei saa syntyä lainkaan. Puulattiat tulee aina suojata alustan kosteudelta höyry- tai kosteussululla. Lattialämmityksen kanssa parhaiten soveltuva lattiapaksuus on 7 – 15 mm. (Kährs Finland Oy 2008, 6.)





KUVA 11. Raychem-termostaatin sijoitus kosteissa tiloissa (Pentair Thermal Management 2013c.)

Standardien ja asetusten jälkeen opintomateriaalissa esitetään kuva, josta käy ilmi Raychem-termostaatin sijoittaminen kosteissa tiloissa. Kuvassa 11 on nähtävillä alue 1, joka käsittää kosteat alueet, ja alue 2, joka on 600 mm alueen 1 reunasta. Termostaatti sijoitetaan kuvan esimerkin mukaan alueen 2 ulkopuolelle tai kauemmas kosteista alueista.

Opintomateriaalissa kerrotaan huonekohtaisen tehontarpeen ohjeellisia arvoja. Opintomateriaalissa ei käydä läpi lattialämmityksen suunnittelua tehontarpeen laskennan avulla. Harjoitustehtäviä varten tarvitaan kuitenkin ohjeellinen tehontarve, joka on esitetty taulukossa 6. Tehontarve tulisi kuitenkin aina laskea tarkan tehontarpeen saavuttamiseksi. Ohjeelliset tehontarpeet auttavat kuitenkin arvioimaan, onko laskennan tulos oikea.

TAULUKKO 6. Eri asuinhuoneiden ohjeellisia tehontarpeita (Pentair Thermal Management 2013c.)

Huonetyyppi	Ohjeellinen tehontarve, kun lattialämmitys on ainoa lämmönlähde (W/m <sup>2</sup> )
Kylpyhuone	100
Keittiö	60 – 90
Eteinen	80 – 100
Makuuhuone	60 – 90
Veranta, kuisti, kellari	130 – 150 (Lisälämmönlähde yleensä tarpeellinen)
Varaava lattialämmitys	125 – 200
Passiivitalot	10 - 12

Materiaalissa mainitaan asioita, jotka vaikuttavat lattialämmitystuotteen valintaan. Tällaisia asioita ovat mm.

- millainen on tila, johon lattialämmitys asennetaan
  - kuiva vai kostea tila
- lattiapinta
- aluslattian tyyppi
  - betoni-, puurakenne vai maavarainen
- tilan kokonaispinta-ala
  - kiinteät kalusteet mukaan lukien
- kuinka suurelle osalle lattialämmitys asennetaan
  - tehontarve määritetään vapaalle alalle, kiinteät kalusteet vähentäen
- onko lattialämmitys mukavuuslämpö vai tilan ainoa lämmitys
- muut tehontarpeeseen vaikuttavat asiat
  - esim. rakennuksen eristykset, ikkunat, lasiseinät ja kattokorkeus.

Lopuksi ennen harjoitustehtäviä lattialämmitysoptimointimateriaalissa käydään läpi lattialämmitysasennuksille tehtävät mittaukset ja mittauspöytäkirjan täyttö. Lattialämmitysasennus tulee mitata

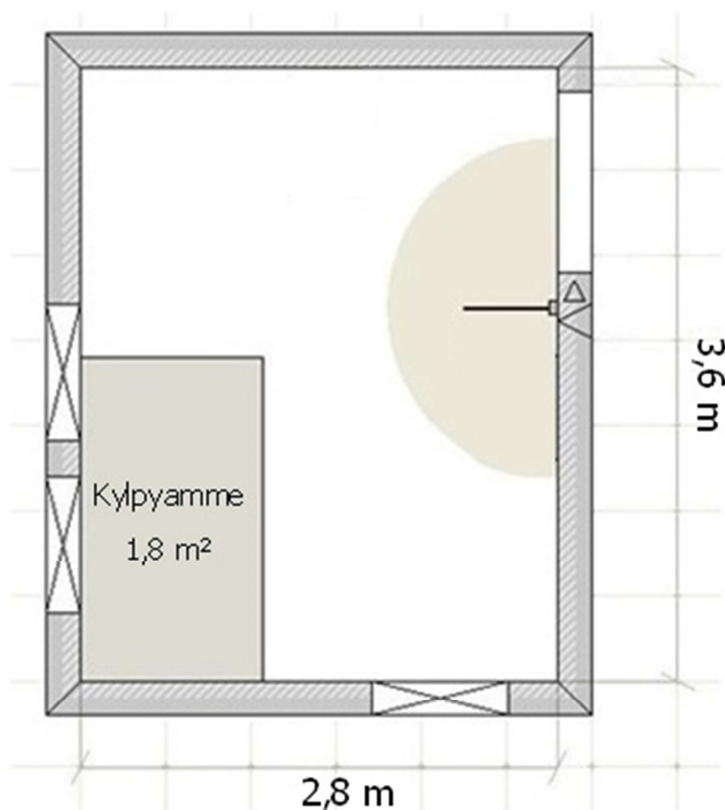
- ennen asennusta
- asennuksen jälkeen
- pintalattian asennuksen jälkeen.

Lämpökaapelin eristysresistanssi mitataan eristysresistanssimittarilla, ja jos asennuksessa on käytetty vakiovastuskaapelia, kaapelin resistanssi mitataan yleismittarilla. Eristysresistanssi mitataan kaapelin vaihe- ja nollajohtimesta suojajohtinta vasten. Testijännitteenä käytetään 500 – 2 500 VDC. Mittaustuloksen tulee olla suurempi kuin 100 MΩ. Vakiovastuskaapelin resistanssimittaus mitataan vaihe- ja nollajohtimen välistä, ja tuloksen tulisi olla kaapelin ohjearvon mukainen.

Viimeisenä opintomateriaalissa on viisi opintomateriaaliin liittyvää harjoitustehtävää. Jokaisen harjoitustehtävän tehtävänannossa on esitetty yksinkertainen pohjapiirustus huoneesta ja kerrottu huoneen käyttötarkoitus sekä huoneen alus- ja pintalattiamateriaalit. Tämän jälkeen tehtävänannossa pyydetään valitsemaan tilaan sopiva lattialämpötuote ja mahdolliset asennustarvikkeet. Lopuksi esitellään harjoitustehtävän oikeat vastaukset ja mahdolliset laskentaesimerkit. Tässä raportissa käydään läpi esimerkkinä opintomateriaalin harjoitustehtävä 4 ja sen vastaukset.

Harjoitustehtävässä 4 on kuvion 5 mukainen kylpyhuone, jonka aluslattiamateriaalina on puu ja pintalattiamateriaalina laatta. Tehtävän alkutiedoissa kerrotaan, että lattialämmitys on tilan ainoa lämmönlähde ja lattialämmitys asennetaan ohueen tasoitekerrokseen. Kuvassa nähdään huoneen mitat, jotka ovat 2,8 m x 3,6 m sekä kiinteä kaluste, joka on alaltaan 1,8 m<sup>2</sup>.





KUVIO 5. Harjoitustehtävän kylpyhuoneen pohjapiirros ja sen mitat (Pentair Thermal Management 2013c.)

Tehtävän aluksi lasketaan huoneen lattian kokonaispinta-ala

$$3,6 \text{ m} * 2,8 \text{ m} \approx 10,1 \text{ m}^2 \quad (14)$$

Taulukosta 6 saadaan kylpyhuoneen ohjeellinen tehontarve, joka on  $100 \text{ W/m}^2$ . Kertomalla lattian kokonaispinta-ala kylpyhuoneen arvioidulla tehontarpeella saadaan kokonaistehontarpeeksi

$$10,1 \text{ m}^2 * 100 \text{ W/m}^2 = 1\,010 \text{ W} \quad (15)$$

Vapaa asennuspinta-ala saadaan, kun kokonaispinta-alasta vähennetään kiinteiden kalusteiden pinta-ala

$$10,1 \text{ m}^2 - 1,8 \text{ m}^2 = 8,3 \text{ m}^2 \quad (16)$$

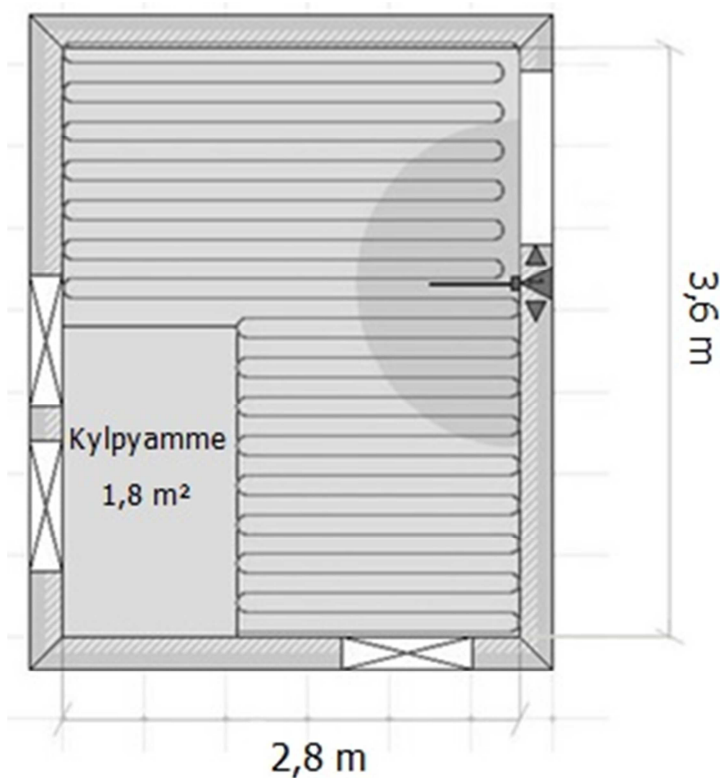
Tämän jälkeen jaetaan huoneen kokonaistehontarve pinta-alalla, jolle lattialämmitys asennetaan ja saadaan tehontarve neliömetriä kohden

$$\frac{1\,010 \text{ W}}{8,3 \text{ m}^2} \approx 122 \text{ W/m}^2 \quad (17)$$

Tämän perusteella lattialämpötuotteeksi voidaan valita lattialämmityksen pikavalintaoppaasta (Liite 2) 101 metriä pitkä T2Blue-10-lämpökaapeli. Kokonaistehontarpeen 1 010 W avulla valitaan sopiva kaapelipituus. Lämpökaapeli T2Blue-10 valitaan kylpyhuoneen herkän lattia materiaalin takia. Asennusväli saadaan jakamalla lattian vapaa asennuspinta-ala kaapelin metrimäärällä

$$\frac{8,3 \text{ m}^2}{101 \text{ m}} = 80 \text{ mm} \quad (18)$$

Huoneeseen olisi mahdollista valita myös vakiovastuskaapeli CeraPro tai itsesäätyvä lämpökaapeli T2Red. Tehtävänannossa kerrottiin, että lämpökaapeli asennetaan ohueen tasoitekerrokseen, joten T2Blue-20-lämpökaapeli ei sovi liian suuren tehonsa takia. Laskettaessa huoneen tehontarvetta neliometriä kohden voidaan todeta, ettei T2QuickNet-90-lämpökaapelimattoa suositella kohteeseen. T2QuickNetin teho on 90 W/m<sup>2</sup>, jolloin se ei ole riittävä kylpyhuoneeseen, jonka tehontarve neliometriä kohden on 122 W/m<sup>2</sup>.



KUVIO 6. Harjoitustehtävän vastaus (Pentair Thermal Management 2013c.)

Lisäksi harjoitustehtävän kylpyhuoneeseen kannattaa asentaa termostaatti R-TC-NRG, lämpötilan säätelyn ja energiansäästön kannalta. Materiaalissa on lisäksi mainittu valittujen tuotteiden sähkönumerot. Kuvassa 6 on nähtävissä loppuratkaisu, jossa kylpyhuoneeseen on hahmoteltu lämpökaapeli.

### 5.3 Lämpimän käyttöveden saattolämmitys

Tämä materiaali on 18 dian pituinen. Aluksi materiaalissa on Pentairin, Raychemin ja itsesäätyvän lämpökaapelin esittelyt. Tämän jälkeen materiaalissa kerrotaan miksi lämpimän käyttöveden saattolämmitystä tarvitaan.

Jos käyttövesiputkistoa ei lämmitetä, lämpimän veden tulo vedenottopisteelle lämminvesivaraajalta voi viedä aikaa. Tämä aiheuttaa viihtyvyyshaittoja ja kuluttaa vettä turhaan. Lisäksi putkien lämmittämällä säästetään myös paluuputkiston ja kiertovesipumpun kustannukset, sekä paluuputkiston lämpöhäviöt. Raychem tarjoaa kolmea erilaista itsesäätyvää lämpökaapelia ratkaisuksi lämpimän käyttöveden saattolämmitykseen. Lämpökaapelit ovat HWAT-L, HWAT-M ja HWAT-R. Kaapeleiden teknisiä tietoja on nähtävissä taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Raychemin lämpimän käyttöveden saattolämmitykseen suunniteltujen itsesäätyvien lämpökaapeleiden teknisiä ominaisuuksia (Pentair Thermal Management 2013e, 7.)

Lämpökaapelin tyyppi	HWAT-L	HWAT-M	HWAT-R
Ylläpitolämpötila	7 W/m lämpötilassa 45 °C	9 W/m lämpötilassa 55 °C	12 W/m lämpötilassa 70 °C
Kaapelin kestävä ympäristön maksimilämpötila (°C)	65	65	80

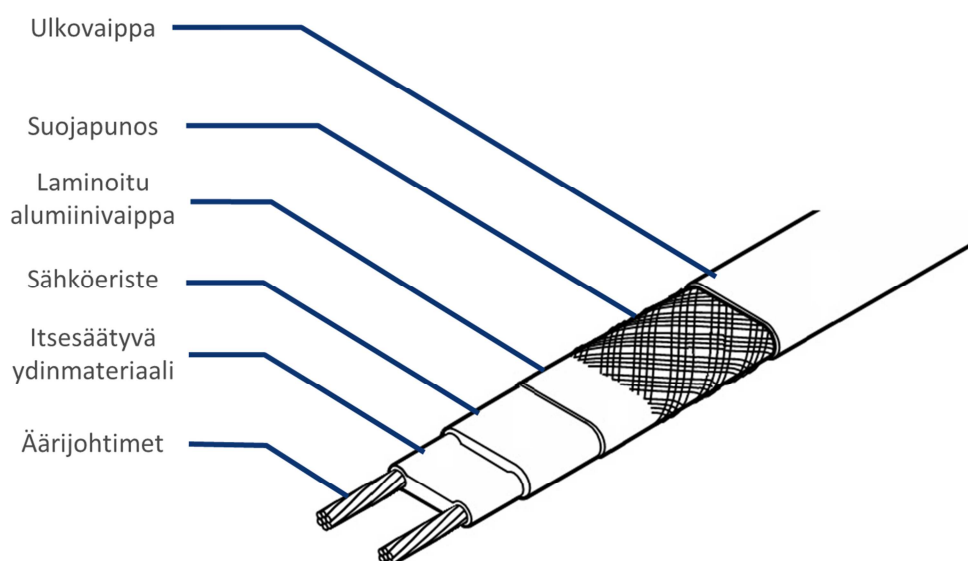
HWAT-M on yleisin omakotitaloissa käytetty käyttöveden saattolämmityskaapeli ja se pyrkii pitämään putken lämpötilan +55 °C:ssa. Euroopassa yleisesti käytetty kuuman veden lämpötila, eli taulukossa 7 ilmoitettu ylläpitolämpötila, on +55 °C, joka saavutetaan HWAT-M -kaapelilla sekä taulukon 8 mukaisilla eristeillä. HWAT-L -kaapelia käytetään muualla maailmassa, missä riittää pienempi ylläpitolämpötila. HWAT-R soveltuu esimerkiksi sairaalakäyttöön, koska se lämpödesifioi legionellan vedenottopisteisiin saakka. Legionella on vesistöissä esiintyvä bakteeri.

Kuvassa 12 on nähtävissä Raychemin saattolämmityskaapelin rakenne. Äärijohtimet ovat kuparia ja alaltaan 1,2 mm<sup>2</sup>, ja ne on upotettu itsesäätyvän ydinmateriaalin sisään. Sähköeriste ja suojavaippa ovat muunnettua polyolefiinia ja suojaunos on tinattua kuparia. Suojaunoson tehtävänä on suojata kaapelin sisällä olevia jännitteisiä osia ulkopuolisilta mekaanisilta iskuilta. Suojaunos tulee kytkeä vikavirtasuojakytkimeen, jolloin vikatilanteessa vikavirtasuojakytkin laukeaa ja katkaisee järjestelmän sähkönsyötön.

TAULUKKO 8. Tarvittavat eristepaksuudet, jotta vaadittu ylläpitolämpötila saavutetaan (Pentair Thermal Management 2013e, 7.)

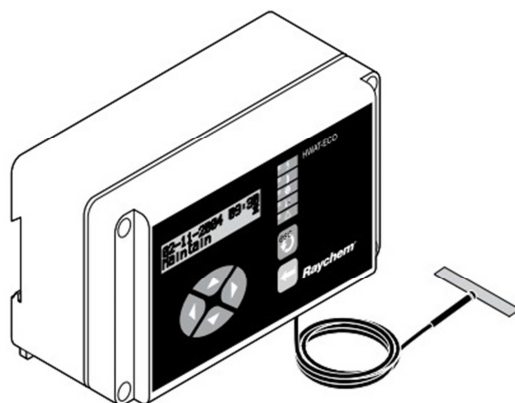
Putken koko (mm)	Eristepaksuus (mm)
15	20
22	20
28	25
35	30
42	40
54	50

Kaapelirakenteen jälkeen materiaalissa kerrotaan lämpötilan ohjausyksiköstä, joka on nimeltään HWAT-ECO. Ohjausyksikkö ja sen anturi ovat nähtävissä kuvassa 13. Lämpötilan ohjausyksikkö HWAT-ECO on yhteensopiva Raychemin saattolämmityskaapeleiden kanssa. Ohjausyksikössä on sisäänrakennettu kello ja siinä on seitsemän rakennuskohtaista ohjelmaa. Ohjelmia voidaan lisäksi ohjelmoida yksinkertaisesti itse ohjausyksikköön. Ohjausyksikön teknisiä tietoja ja rakennuskohtaiset ohjelmat ovat luettavissa liitteestä 3.



KUVA 12. Itsesäätyvien lämpökaapeleiden HWAT-L, HWAT-M ja HWAT-R rakenne (Pentair Thermal Management 2013e, 7.)

Ohjausyksikön esittelyn jälkeen käydään läpi asennusohjeita ja määräyksiä. Lämpökaapelin kokonaispituus määrää johdonsuojakatkaisijoiden määrän. Taulukossa 9 on luettavissa saattolämmityskaapeleiden lämmityspiirien suurimmat pituudet eri johdonsuojakatkaisijoilla. Jos kaapelin sallitut piiripituudet ylittyvät, on johdonsuojakatkaisijoita lisättävä tai vaihdettava suuremman virta-arvon katkaisijaan. Lisäksi lämpimän käyttöveden saattolämmitysjärjestelmälle vaaditaan 30 mA:n vikavirtasuojaus.



KUVA 13. Raychemin lämpimän veden saattolämmitysjärjestelmille tarkoitettu ohjausyksikkö HWAT-ECO (Pentair Thermal Management 2013g, 1.)

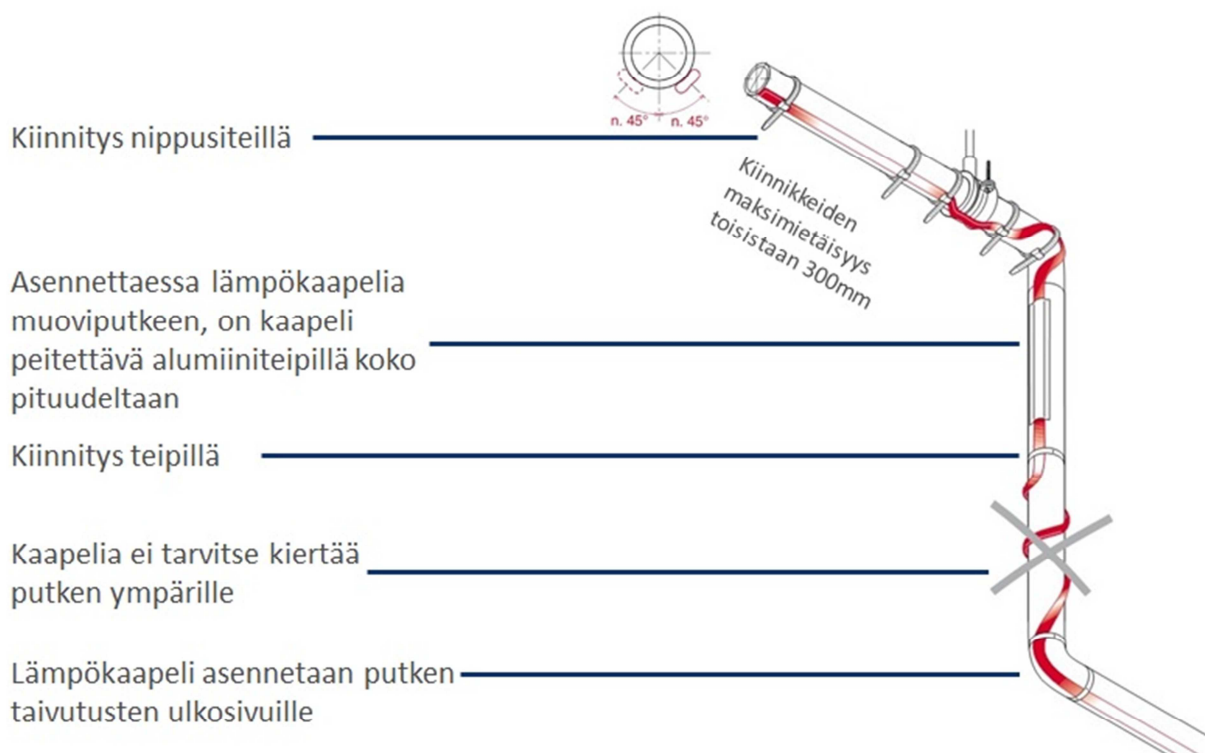
Havainnoinnin helpottamiseksi materiaaliin tehtiin kuvan 14 mukainen kuva, jossa kerrotaan asennusohjeita. Kuvassa opastetaan kaapelin kiinnityksessä ja asennuksessa putkeen. Lisäksi kuvassa opastetaan kiinnittämään kaapeli putkeen noin 45 ° kulmaan putken alareunasta katsottuna.

TAULUKKO 9. Lämmityspiirien suurimmat sallitut pituudet eri C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoilla (Pentair Thermal Management 2013e, 7.)

Johdonsuojakatkaisija (A)	Lämmityspiirin suurin sallittu pituus (m)		
	HWAT-L	HWAT-M	HWAT-R
10	80	50	50
16	140	80	80
20	180	100	100

Lopuksi materiaalissa on harjoitustehtävä ja sen vastaukset. Harjoitustehtävässä on kuvan 15 mukainen alkuasetelma, ja tehtävänä on valita lämpimän käyttöveden saattolämmitykseen sopiva kaapeli ja mahdolliset asennustarvikkeet. Lisäksi tehtävässä kysyttiin, kuinka monta 16 A:n johdonsuojakatkaisijaa järjestelmä vaatii. Kuvaan merkittiin kuvitteelliset putken mitat, jotka eivät välttämättä ole mittakaavassa. Tehtävän kannalta sillä ei kuitenkaan ole merkitystä.

Tehtävän alkutiedoissa on kerrottu putkien pituudet (kuva 15), putkikoko ja eristepaksuus. Putken halkaisija on 28 mm ja eristepaksuus 25 mm. Lisäksi on mainittu, että kyseessä on omakotitalo.



KUVA 14. Asennusohjeita kaapelin kiinnittämisestä putkeen (Pentair Thermal Management 2013e, 14.)

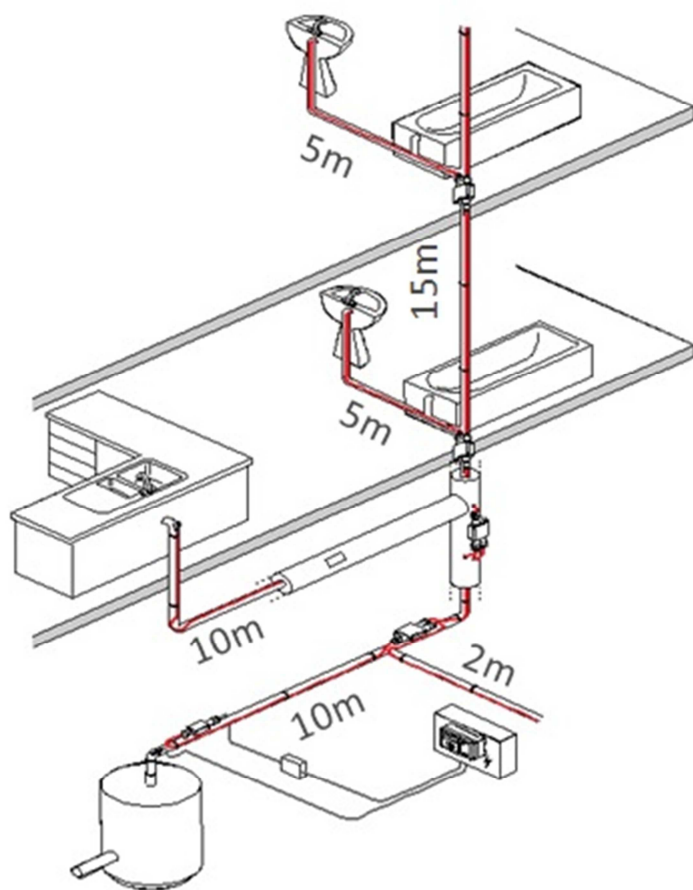
Vastauksessa kaapeliksi valitaan saattolämmityskaapeli HWAT-M, joka on yleisimmin omakotitaloissa käytetty lämpimän käyttöveden saattolämmityskaapeli ja sen pituudeksi saadaan

$$10\text{ m} + 10\text{ m} + 5\text{ m} + 5\text{ m} + 15\text{ m} + 2\text{ m} = 47\text{ m} \quad (19)$$

Lisäksi kaapelipituuteen tulee lisätä kytkentävarat. KytKentävarojen laskemista ei lisätty opintomateriaaliin, mutta kaapelipituutta kannattaa lisätä noin

- 0,3 m/liitos
- 1,0 m/T-haaroitus
- 1,2 m/X-haaroitus.

Taulukosta 9 voidaan lukea tarvittava 16 A:n johdonsuojakatkaisijoiden määrä HWAT-M kaapelille. Taulukosta nähdään, että HWAT-M kaapelin lämmityspiirin maksimipituus on 80 m, kun se suojataan 16 A:n johdonsuojakatkaisijalla. Tehtävässä lämmitysiirin pituus on 47 m ja lisäksi kytkentävarat, joten yksi 16 A:n johdonsuojakatkaisija riittää. Lisäksi järjestelmä tarvitsee 30 mA:n vikavirtasuojauksen.

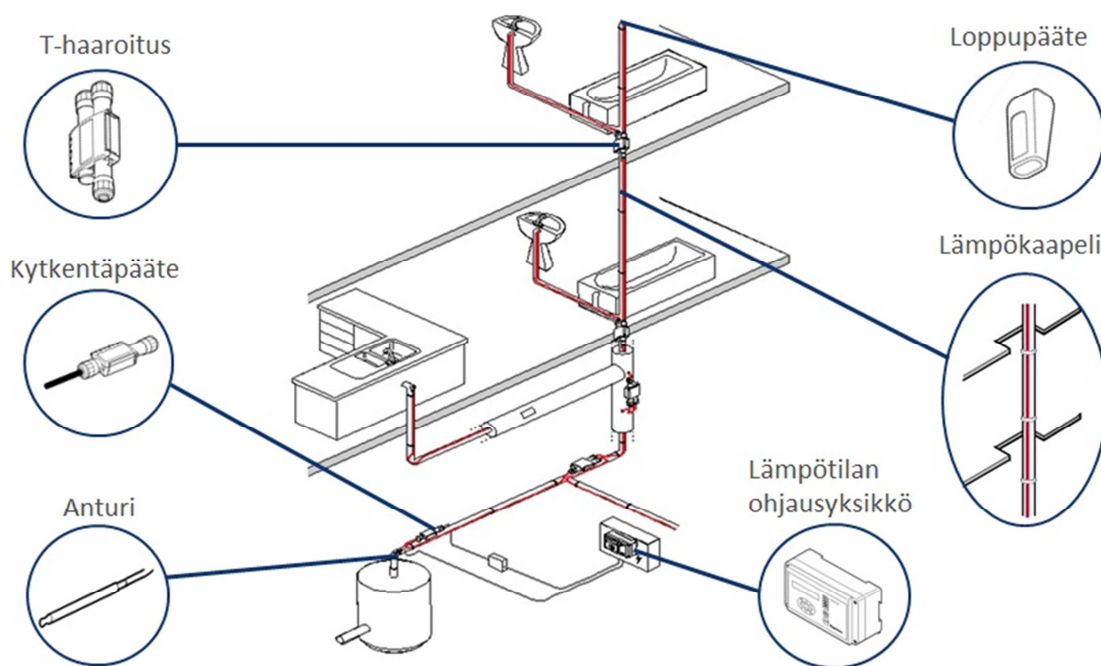


KUVA 15. Harjoitustehtävän alkukuva ja putkien pituudet (Pentair Thermal Management 2013h.)

Itsesäätyvän kaapelin esittelyssä on kerrottu, että kaapeli tarvitsee kytkettäessä aina kytkentä- ja loppupäätteen. Kytkentäpääte lisätään kaapelin alkupäähän, joten niitä tarvitaan yksi kappale. Koska kaapeli lopetetaan viiteen eri kohtaan, tarvitsee se viisi loppupäätettä. Lisäksi järjestelmään tarvitaan neljä T-haaroitusta, jotka on esitetty valmiiksi kuvassa 15. Järjestelmään kannattaa lisäksi valita lämpötilan ohjausyksikkö HWAT-ECO.

Harjoitustehtävät on tarkoitettu tehtäviksi sovelluksesta aiheittain löytyvien tuotekatalogien ja pikavalintaoppaiden avulla. Lämpimän käyttöveden saattolämmityksen katalogissa esitellään myös kiinnitystarvikkeet ja varoitustarrat, joten ne on tässä tehtävässä valittu myös asennustarvikkeisiin. Jos jonkun aiheen tuotekatalogissa näitä tarvikkeita ei esitellä, eivät ne myöskään esiinny harjoitustehtävissä. Harjoitustehtävät on siis pyritty tekemään siten, että ne ovat ratkaistavissa kyseisen aiheen materiaaleja apuna käyttäen. Tähän tehtävään on valittu asennustarvikkeeksi kiinnitysteippi GT-66 tai GS-54. Teippi GT-66 on 12 mm leveää lämmönkestävää lasikuituteippiä, ja sitä on rullassa 20 m. Tällöin sitä tarvitaan kolme rullaa kattamaan kaapelin kiinnittäminen koko putkelle. Teippi GS-54 on lasikuitukangasteippiä, joka kestää 4,4 °C lämpötilan. Teippiä on rullassa 16 m. Kolme rullaa riittää kaapelin kiinnitykseen koko putkelle. Tehtävänannon mukaisessa tilanteessa voidaan kiinnitykseen valita kumpi tahansa teippi.

Lopuksi on esitetty kuvia tehtävän asennuksesta kuvasuurennoston kanssa kuten kuvassa 16. Kuvasuurennostoksissa esitetään asennustarvikkeita ja niiden paikkoja asennuksessa.



KUVA 16. Kuvasuurennoksia asennustarvikkeista.

#### 5.4 Räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapito

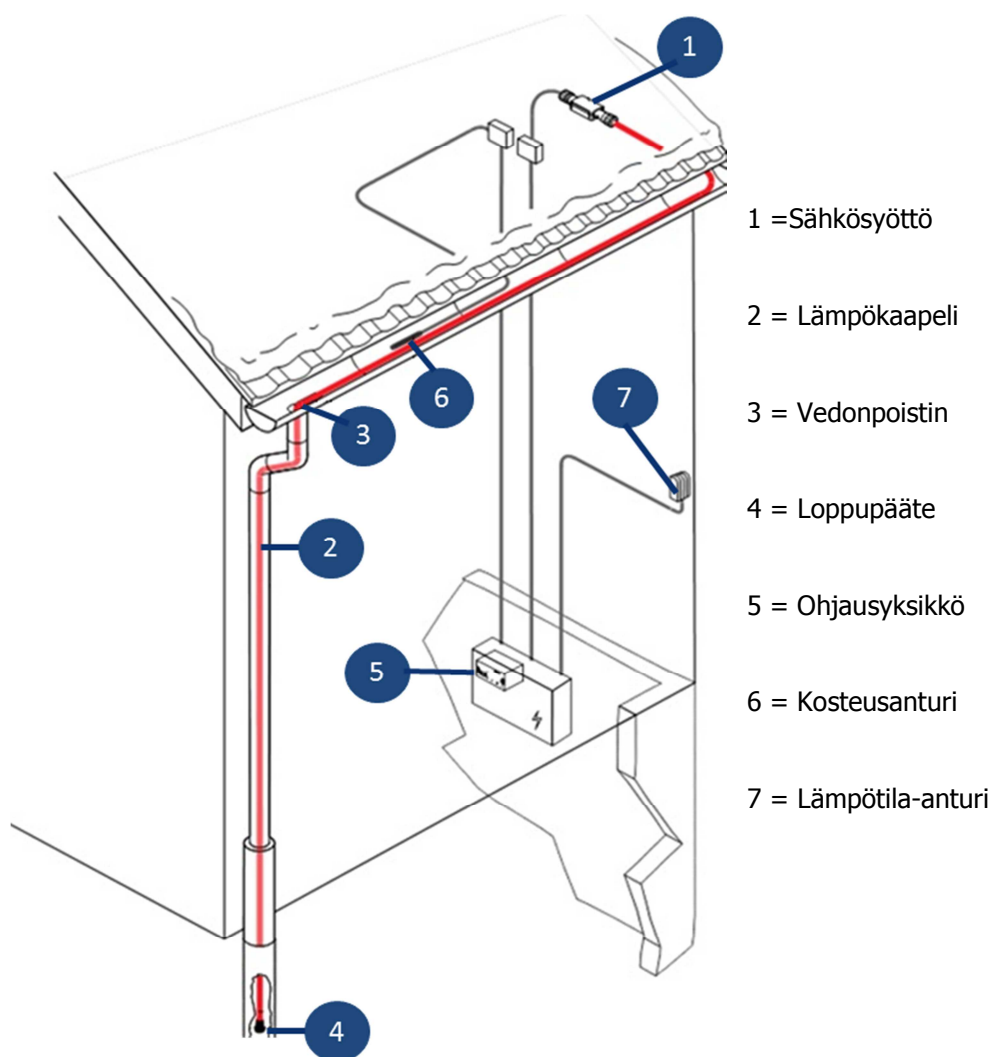
Räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien opintomateriaalissa on 26 diaa ja se alkaa Pentairin, Raychemin ja itsesäätyvän lämpökaapelin esittelyillä. Varsinainen materiaali alkaa aiheen periaatekuvalla ja selityksellä, miksi räystäskourujen ja sadevesiviemärien sulanapitoa tarvitaan.

Katolla oleva lumi ja jää sulavat auringon ja rakennuksen lämmön vaikutuksesta, ja vesi voi jäätyä uudelleen. Tämä voi aiheuttaa rakenteellisia vahinkoja räystäskouruille ja katolle, vesivahinkoja sekä vaaraa putoavista jäämuodostelmista ihmisille ja autoille. Raychemin sulanapitojärjestelmällä pidetään sulana mm.

- katot
- räystäskourut
- syöksytorvet
- sadevesiviemärit
- kattoikkunoiden ympärykset
- jalkakourut
- jiirit.

Sulanapitojärjestelmä huolehtii katolta sulavalle lumelle ja jäälle turvallisen poistumisreitit sekä huolehtii veden virtauksesta räystäskouruissa ja syöksytorvissa. Kuvassa 17 on esitetty sulanapitojärjestelmän osia ja komponentteja.





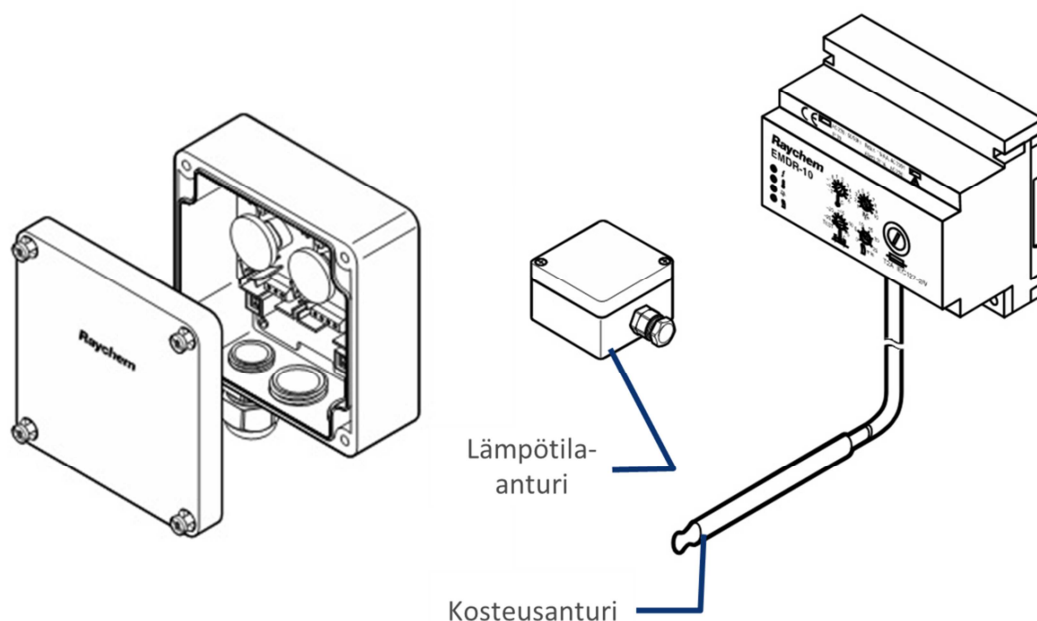
KUVA 17. Periaatekuva räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapitojärjestelmästä (Pentair Thermal Management 2013f, 4.)

Tämän jälkeen materiaalissa esitellään räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapitoon tarkoitettu kaapelityyppi FroStop Black. FroStop Black-kaapelia käytetään sadevesijärjestelmissä, joissa virtaa vettä. Kyseistä itsesäätyvää lämpökaapelia on saatavana metritavarana ja sen luovuttama teho on 28 W/m jäässä ja 16 W/m ilman lämpötilan ollessa 0 °C. Kaapelissa on UV-valonkestävä ulkovaippa, jotta se kestää auringonvalon ulkona.

FroStop Black -kaapelia ei saa asentaa viemäriin, joissa on kemiallisia epäpuhtauksia, vaan tällaisiin olosuhteisiin on olemassa oma kaapelinsa, 8BTV2-CT. Tällä kaapelityypillä on kemikaaleja ja epäpuhtauksia kestävä ulkovaippa, joten se kestää viemäreiden mahdolliset epäpuhtaudet, kuten öljyn tai suolan.

Raychem on kehittänyt räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapitoon kaksoistermostaatin HTS-D ja ohjausyksikön EMDR-10. Molemmat laitteet ovat nähtävissä kuvassa 18. Kaksoistermostaattia voidaan käyttää sulanapitopiirin pituuden ollessa alle 30 m, mutta tätä suuremmilla pituuksilla suositellaan käytettäväksi ohjausyksikköä energian säästön vuoksi.

Kaksoistermostaatti voidaan asentaa ulos ja sen lämpötilan säätöalue on  $-15...+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Lisää kaksoistermostaatin HTS-D teknisiä tietoja kerrotaan Lämpökaapelit 2013-esitteessä (Liite 4).



KUVA 18. Vasemmalla kaksoistermostaatti HTS-D ja oikealla ohjausyksikkö EMDR-10 sekä sen lämpötila- ja kosteusanturi (Pentair Thermal Management 2013e, 34 - 35.)

Ohjausyksikkö EMDR-10 sisältää lämpötila- ja kosteusanturin ja tästä syystä sen avulla saadaan säästettyä enemmän energiaa kuin kaksoistermostaatilla. Kaksoistermostaatin toiminta perustuu lämpötila-asetteluihin. Kun lämpötila-asettelujen raja-arvot saavutetaan, kaksoistermostaatti kytkee sulanapitokaapelin lämmittämään. Kaksoistermostaatti ei kuitenkaan havaitse kosteutta, kuten ohjausyksikkö, jolloin kaksoistermostaatti pitää kaapelia lämmittämässä myös turhaan.

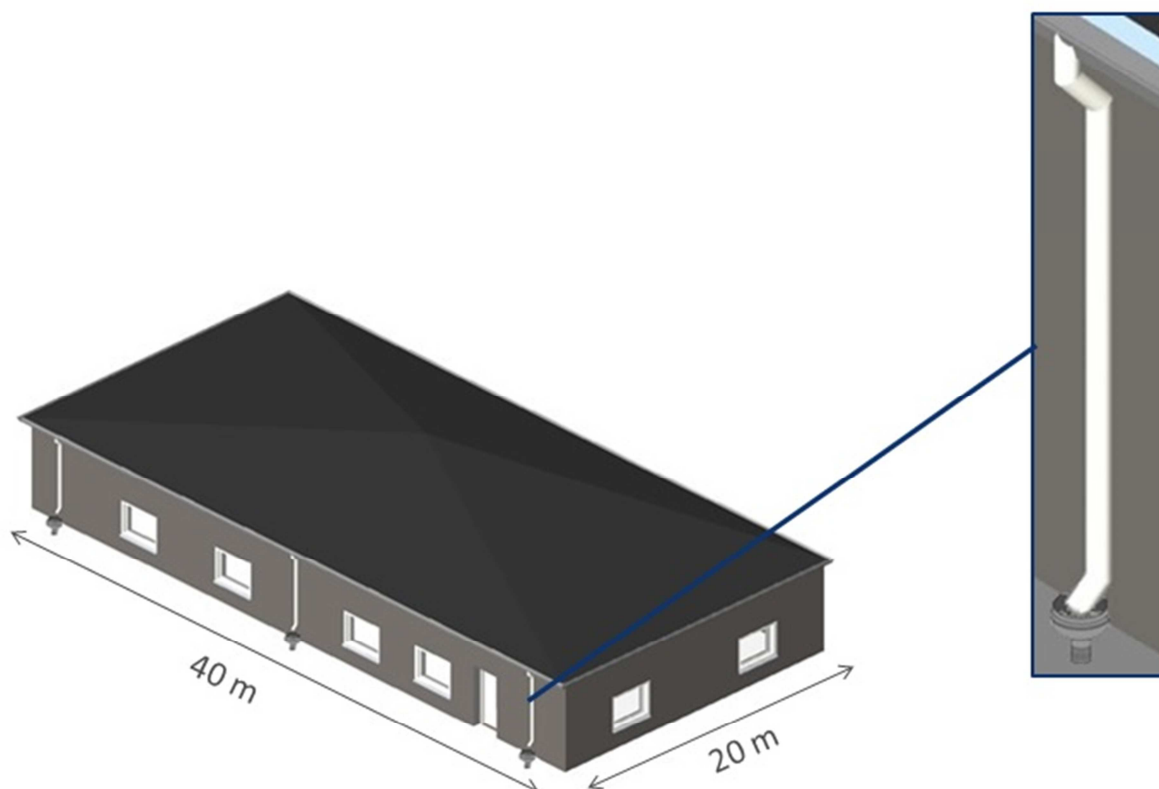
Ohjausyksikön kosteusanturi sijoitetaan esimerkiksi kourun pohjalle, jolloin anturi mittaa kourussa esiintyvää kosteutta. Kun ohjausyksikön lämpötila-anturi havaitsee lämpötila-asettelujen raja-arvot, ohjausyksikkö varmistaa vielä kosteusanturilta kosteustilanteen. Jos se ei havaitse kosteutta, ohjausyksikkö ei kytke lämpökaapelia toimintaan. Jos kosteutta taas havaitaan, ohjausyksikkö kytkee lämpökaapelin tehonsyötön päälle. Ohjausyksikkö pitää lämmitystä päällä vain silloin, kun katolta sulaa vettä alas. Ohjausyksikössä on säädettävä jälkilämmitysaika, joka varmistaa, että kaikki vesi on valunut alas asti. Ohjausyksikön EMDR-10 teknisiä tietoja ja kytkentäkaavio kontaktorilla ja ilman kontaktoria on esitetty liitteessä 5.

Materiaalissa kerrotaan kaksoistermostaatin ja ohjausyksikön esittelyn jälkeen tärkeimpiä asennukseen liittyviä asioita. Lämpökaapeli tulee asentaa suoraan linjaan kourun pohjalle ja jos kouru on laakeapohjainen tai suorakaidekouru, tulee kaapeleita asentaa useampi kuin yksi kappale. Järjestelmissä on käytettävä C-tyypin johdonsuojakatkaisijoita tai hitaita tulppasulakkeita ja lämpökaapelin kokonaispituus määrää johdonsuojakatkaisijoiden määrän. Taulukossa 10 esitetään lämmityspiirien suurimmat sallitut pituudet FroStop Black- ja 8BTV2-CT-kaapeleilla. Lämmityspiirille vaaditaan lisäksi 30 mA vikavirtasuojaus. Yksi vikavirtasuojakytkin saa suojata maksimissaan 500 metrin pituista lämmityspiiriä.

TAULUKKO 10. Lämmityspiirien suurimmat sallitut pituudet C-tyyppin johdonsuojakatkaisijoilla (Pentair Thermal Management 2013e, 34.)

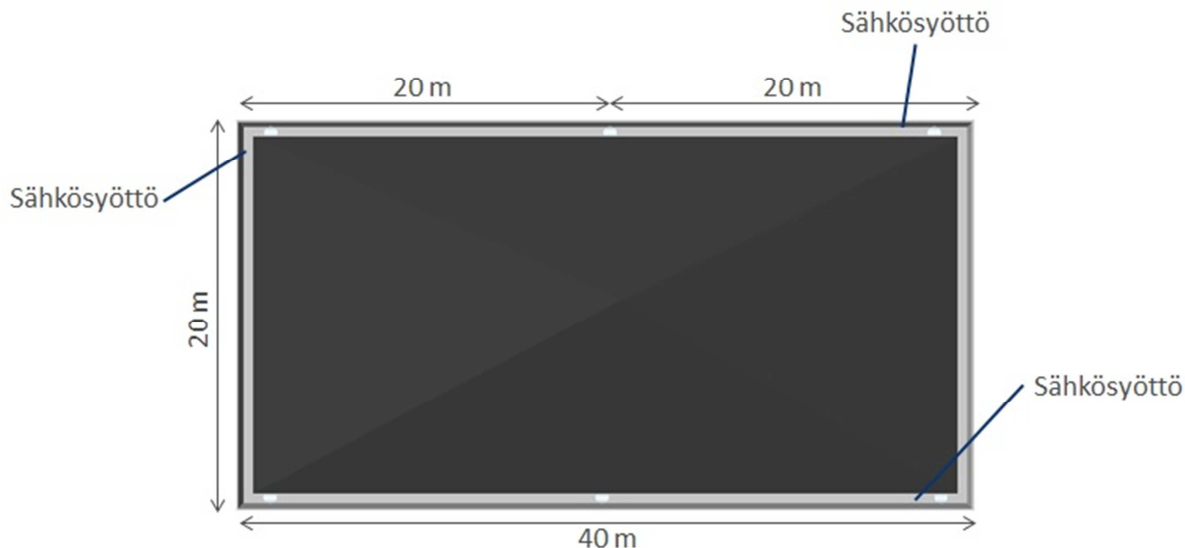
Johdonsuojakatkaisija (A)	Lämmityspiirin suurin sallittu pituus (m)	
	FroStop Black	88TV2-CT
6	-	25
10	50	40
16	80	60
20	-	80

Lopuksi materiaalissa on harjoitustehtävä, jossa suunnitellaan rakennuksen (kuva 19) sadevesikourujen, syöksytorvien ja sadevesiviemärien sulanapito. Tehtävänannossa kerrotaan, että sadevesikouru kiertää koko rakennuksen. Syöksytorvet ovat viisi metriä pitkiä ja niitä on kuusi kappaletta. Lisäksi jokaisen syöksytorven jälkeen maassa on 10 metriä pitkä sadevesiviemäri. Tehtävänannon kuva tehtiin Autodesk Revit-ohjelmalla. Rakennus on 40 metriä pitkä ja 20 metriä leveä. Lisäksi kuvaan lisättiin suurennoskuva, jossa näkyvät sadevesikouru, syöksytorvi ja sadevesiviemäri. Tehtävänannon mitat rakennukselle, syöksytorville ja sadevesiviemäreille eivät ole välttämättä todellisuutta vastaavia, vaan niitä on yksinkertaistettu helpottamaan tehtävän ratkaisua.



KUVA 19. Harjoitustehtävän alkukuva ja kuvasuurennos tehtävänannon komponenteista (Jenna Hyvönen.)

Tehtävänannossa pyydetään valitsemaan järjestelmän sulanapitoon oikea kaapeli ja laskemaan sen tarvittava pituus. Lisäksi tehtävänannossa kysytään 16 A johdonsuojakatkaisijoiden tarvittavaa määrää ja pyydetään valitsemaan tarvittavat asennustarvikkeet. Lisäksi tehtävänannossa esitetään lisäkuva rakennuksesta (kuva 20), jossa selviää sähkösyöttöjen paikat rakennuksessa.



KUVA 20. Harjoitustehtävän alkukuva rakennuksesta ylhäältä päin kuvattuna, sekä sähkösyöttöjen sijainnit (Jenna Hyvönen.)

Kaapeliksi harjoitustehtävän tilanteeseen valitaan FroStop Black, koska järjestelmän kaapelin ei tarvitse olla kemikaalinkestävä. Kaapelin pituudeksi saadaan

$$40\text{ m} + 20\text{ m} + 40\text{ m} + 20\text{ m} + (6 * (5\text{ m} + 10\text{ m})) = 210\text{ m} \quad (20)$$

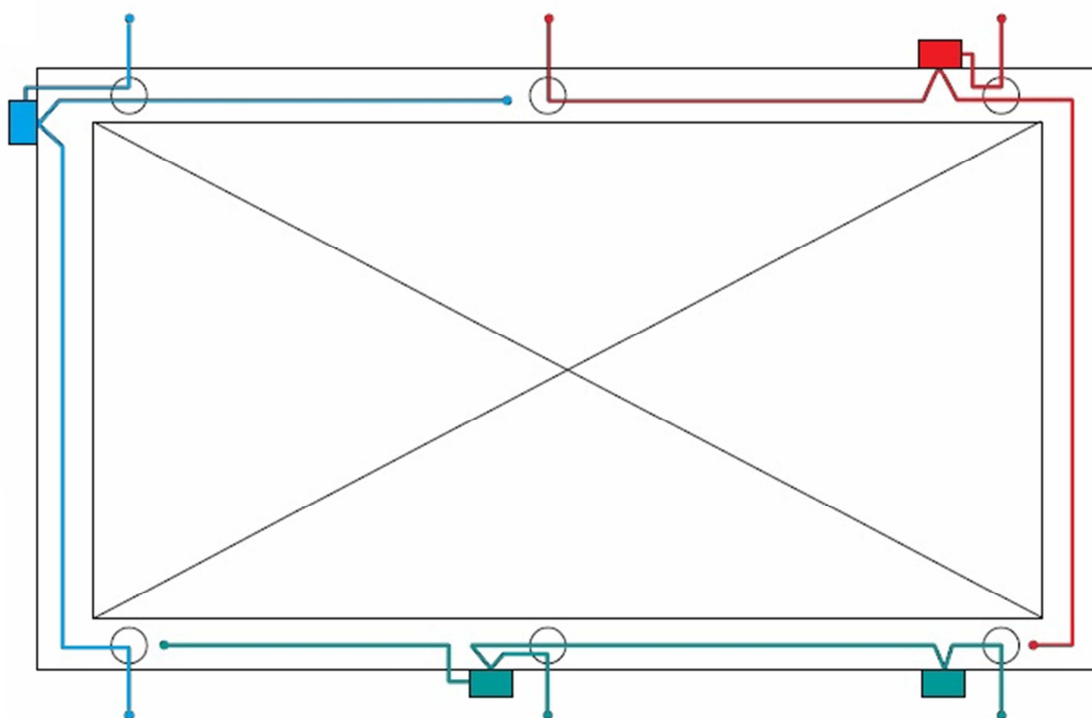
Lisäksi muistutetaan kytkentävaroista. Opintomateriaaliin kytkentävaroja ei ole laskettu, mutta kytkentävarat saadaan, kun tarvittavaan kaapelipituuteen lisätään noin

- 1 m/liitos
- 1 m maaperään (routarajan alapuolelle asti).

Taulukosta 10 voidaan lukea FroStop Blackin maksimipiirin pituuden olevan 16 A johdonsuojakatkaisijalla 80 m. Tällöin 16 A johdonsuojakatkaisijoita tarvitaan kolme kappaletta. Lisäksi tehtävän vastauksessa muistutetaan 30 mA:n vikavirtasuojauksesta.

Asennustarvikkeet on valittu räystäskourujen tuotekatalogista, joka on lisätty sovellukseen. Kytkentärasioita valitaan neljä kappaletta, kytkentä- ja loppupäätteitä valitaan 11 kappaletta ja vedonpoistimia kuusi kappaletta. Lisäksi valitaan ohjausyksikkö EMDR-10, sillä yli 30 metrin piireihin suositellaan ohjausyksikköä kaksoistermostaatin sijaan. Lopussa esitetään kaksi havainnollistamiskuvaa vastauksesta, joista toinen on nähtävillä kuvassa 21. Kuvassa on näkyvissä esimerkkiasennus kuvan kolmesta lämmityspiiristä. Piirit esitetään eri väreillä, niiden erottamisen

helpottamiseksi. Lisäksi kuvassa on nähtävillä neljä kytkentärasiaa, sekä loppupäätteet piirin päättävinä pisteinä.

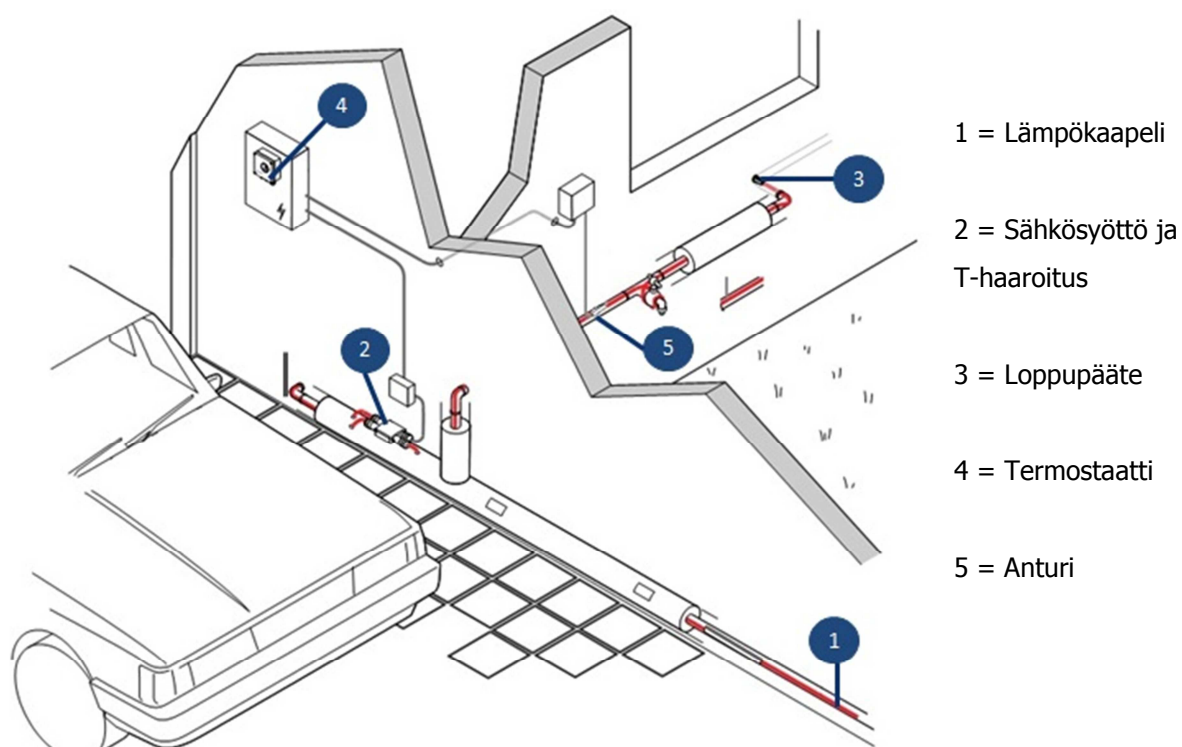


KUVA 21. Harjoitustehtävän vastauksen havainnollistamiskuva. Kuvassa näkyvissä kolme lämmityspiiriä eri väreillä ja neljä kytkentärasiaa (Jenna Hyvönen.)

Kuvassa nähdään, että kolme rasiaa on sijoitettu sähkösyöttöjen luokse ja lisäksi järjestelmään on lisätty yksi kytkentärasia kaapelin jatkamista varten. Kaapeli lähtee kytkentärasiaasta yhteensä 11 kertaa, jolloin kytkentäpäätteitä tarvitaan 11 kappaletta. Sadevesijärjestelmiä varten ei ole olemassa erillisiä kytkentä- ja loppupäätteitä, vaan ne tulevat samassa ostopakkauksessa. Loppupäätteitä tarvitaan kuvan mukaan vain yhdeksän kappaletta, joten loppupäätteitä jäisi kaksi kappaletta käyttämättä. Lisäksi asennustarvikkeisiin on valittu kuusi kappaletta vedonpoistimia, jotka toimivat syöksytorvien tarvittavina reunasuojuksina.

## 5.5 Putkien sulanapito

Putkien sulanapidosta tehtiin 22 dian opetusmateriaali ja siinä on samankaltaisuuksia lämpimän käyttöveden saattolämmityksen ja räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien kanssa. Pentairin, Raychemin ja itsesäätyvän lämpökaapelin esittelyn jälkeen materiaalissa kerrotaan miksi putkien sulanapitoa tarvitaan. Pakkasella putket saattavat jäätyä ja halkeilla. Lisäksi putken eristeestä huolimatta putkessa syntyy lämpöhäviöitä. Putken jäätyminen ja lämpöhäviöt estetään asentamalla putkeen lämpökaapeli, jonka teho on suunnilleen lämpöhäviöiden suuruinen. Materiaalissa on myös esitetty periaatekuva putkien sulanapitojärjestelmästä (kuva 22).



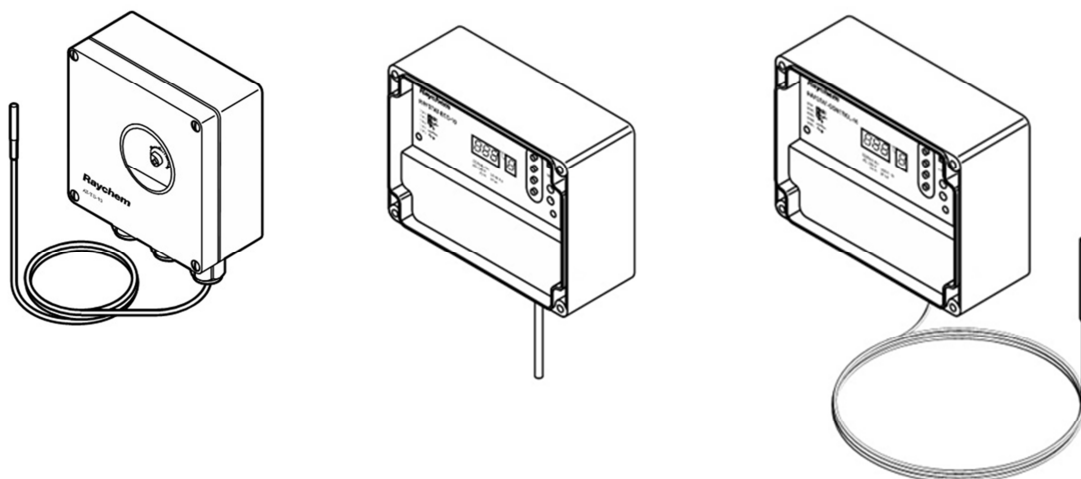
KUVA 22. Periaatekuva putkien sulanapitojärjestelmästä (Pentair Thermal Management 2014, 18.)

Periaatekuvan jälkeen materiaalissa käydään läpi Raychemin putkien sulanapitoon tarjoamat kaapelit, joita ovat ETL-10 ja FroStop Black. FroStop Black-kaapelista on kerrottu jo kappaleessa 5.4 Räystäskourujen ja sadevesijärjestelmien sulanapito. FroStop Black -kaapeli voidaan asentaa juomavettä sisältävissä putkissa vain putken ulkopuolelle, koska sen ulkovaippaa ei ole juomavesihyväksytty. Metalliputken päälle asennettuna FroStop Black-kaapelin teho on 18 W/m lämpötilassa +5 °C.

ETL-10 -lämpökaapelissa on juomavesihyväksytty ulkovaippa ja se voidaan asentaa juomavettä sisältävien putkien sisään tai ulkopuolelle. Lämpötilassa +5 °C kaapelin teho on 10 W/m metalliputken päällä ja 20 W/m vedessä. Kaapelia on saatavana metritavarana kelalta. Lisäksi on saatavana pistotulpallisia asennusvalmiita lämpökaapelitelementtejä, jotka teknisiltä ominaisuuksiltaan vastaavat ETL-10 -kaapelia. FrostGuard-lämpökaapelitelementissä on kahden metrin kylmäkaapeli asennettuna valmiina. Elementtejä on saatavana useita eri pituuksia aina kahdesta metristä 25 metriin.

Putkien sulanapitojärjestelmiin Raychemiltä löytyy neljä termostaattia. Termostaatit AT-TS-13 ja AT-TS-14 ovat hyvin samankaltaisia ja ne voivat toimia joko putkea valvovana säätötermostaattina tai huonetermostaattina. Termostaatin AT-TS-13 säädettävä lämpötila-alue on -5...+15 °C ja sitä suositellaan sulanapitokohteisiin. Termostaatin AT-TS-14 säädettävä lämpötila-alue on 0...+120 °C ja sitä suositellaan kohteisiin, joissa haluttu lämpötila on korkeampi. Termostaattien tarkempia teknisiä tietoja on luettavissa liitteestä 6. Termostaatit ovat ulkonäöltään identtisiä kannen tunnusta lukuun ottamatta ja termostaattien ulkonäkö on nähtävissä kuvassa 23 vasemmalla.

Raychem tarjoaa myös kaksi älykkäämpää termostaattia putkien sulanapitoratkaisuihin. Termostaatti RAYSTAT-ECO-10 on ympäristön lämpötilaa mittaava termostaatti ja sen säädettävä lämpötila-alue on 0...+30 °C. Termostaatin RAYSTAT-ECO-10 teknisiä tietoja esitetään liitteessä 7. Termostaatti RAYSTAT-CONTROL-10 mittaa putken lämpötilaa ja sen säädettävä lämpötila-alue on 0 °C...+150 °C. Termostaatin RAYSTAT-CONTROL-10 teknisiä tietoja ja kytkentäkaavioita esitetään liitteessä 8. Kuvassa 23 on nähtävillä RAYSTAT-ECO-10 -termostaatti keskellä ja oikealla termostaatti RAYSTAT-CONTROL-10.



KUVA 23. Termostaatit vasemmalta oikealle AT-TS-13/AT-TS-14, RAYSTAT-ECO-10 ja RAYSTAT-CONTROL-10 (Pentair Thermal Management 2013e, 19.)

Termostaattien esittelyjen jälkeen materiaalissa kerrotaan lämpökaapelin tehon tarpeeseen vaikuttavista asioista. Tällaisia asioita ovat mm.

- putken halkaisija
- lämpöeristeen paksuus
- ympäristön matalin lämpötila
- ylläpitolämpötila.

Oikean lämpökaapelin valitsemiseksi yllä mainitut tiedot tulee selvittää. Putken eristeen paksuuden ja oikean lämpökaapelin valinnassa ja auttavat liitteen 9 taulukot. Kun putki sijaitsee maan alla, sen sulanapito riittää -20 °C lämpötilaan ja putken ollessa maan päällä tulee sulanapito suunnitella -40 °C lämpötilaan asti.

Tämän jälkeen materiaalissa esitetään asennusta koskevia tietoja. Lämpökaapeli kiinnitetään putkeen nippusiteillä tai teipillä ja anturi kiinnitetään putken pintaan asennuksen kylmimpään kohtaan. Lämpökaapelin pituus määrää johdonsuojakattaisijoiden tarvittavan lukumäärän. Taulukosta 11 nähdään lämmityspiirin enimmäispituudet FroStop Black- ja ETL-10-kaapeleilla. Lisäksi järjestelmä tarvitsee 30 mA:n vikavirtasuojauksen.

TAULUKKO 11. Lämmityspiirien maksimipituudet 10 A:n ja 16 A:n johdonsuojakatkaisijoilla (Pentair Thermal Management 2013e, 18.)

Johdonsuojakatkaisija (A)	Lämmityspiirin suurin sallittu pituus (m)		
	FroStop Black	ETL-10	
		Putken sisällä	Putken päällä
10	50	60	100
16	80	-	-

Harjoitustehtävässä pyydetään suunnittelemaan 80 metriä pitkän muoviputken sulanapito kesämökiltä saunarakennukselle. Putken halkaisija on 1 " ja eristys on 30 mm paksu. Lähtötiedoissa kerrotaan, että putki on maan päällä ja kaapeli asennetaan putken ja eristeen väliin. Tehtävässä pyydetään suunnittelemaan putken sulanapito ja laskemaan kaapelin tarvittava pituus. Lisäksi kysytään, että kuinka monta 10 A:n johdonsuojakatkaisijaa ja mitä asennustarvikkeita asennukseen tarvitaan.

Koska kaapeli asennetaan putken ja eristeen väliin eikä putken sisälle, voidaan käyttää kumpaa kaapelityyppiä tahansa. Liitteen 9 taulukosta 2 kuitenkin selviää, että putken halkaisija ollessa 1 " ja eristepaksuuden ollessa 30 mm, tulisi käyttää lämpökaapelia ETL-10, joka valitaan siis tässä tapauksessa kaapeliksi. Kaapelin pituudeksi tehtävässä riittää 80 m ja lisäksi kytkentävarat. KytKentävarat voidaan laskea lisäämällä putken pituuteen noin

- 0,3 m/liitos
- 1,0 m/T-haaroitus
- 1,2 m/X-haaroitus.

Materiaalin harjoitustehtävässä kytkentävaroja ei kuitenkaan ole laskettu tehtävän helpottamiseksi. Taulukosta 11 voidaan lukea, että 10 A:n johdonsuojakatkaisijalla lämmityspiirin maksimipituus putken päälle asennetulla ETL-10 -lämpökaapelilla on 100 m. Koska harjoitustehtävässä tarvittava kaapelin pituus oli 80 metriä ja lisäksi kytkentävarat, ei järjestelmään tarvita kuin yksi 10 A:n johdonsuojakatkaisija.

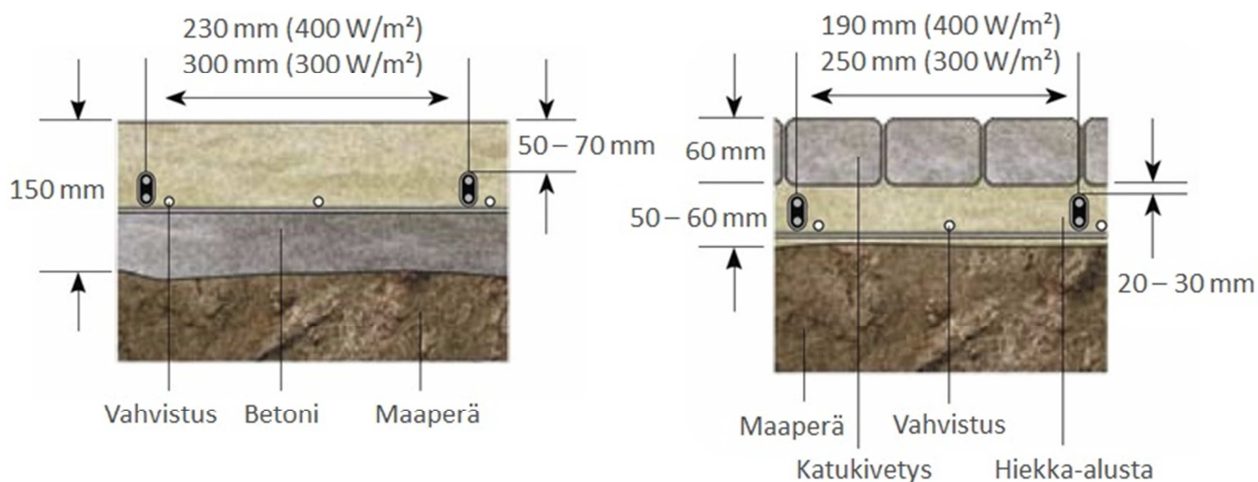
Asennustarvikkeiksi valitaan jatkospakkaus kylmäkaapeliin, joka sisältää loppupäätteen. Itsesäätyvä kaapeli tarvitsee aina loppupäätteen, ja koska tällä tuoteperheellä niitä ei ole saatavilla yksittäistä loppupäätettä, valitaan jatkospakkaus kylmäkaapeliin, joka sisältää tarvittavan loppupäätteen. Lisäksi tehtävässä valitaan termostaatti AT-TS-13 tai RAYSTAT-CONTROL-10. Kumpikin termostaatti soveltuu tehtävänmukaiseen järjestelmään.



## 5.6 Ulkoalueiden sulanapito

Materiaali ulkoalueiden sulanapidosta on kaikkein lyhyin, vain 17 dian pituinen. Pentairin, Raychemin ja lämpökaapeleiden esittelyn jälkeen materiaalissa kerrotaan miksi ulkoalueiden sulanapitoa tarvitaan. Jalkakäytävälle, ajoluiskille ja ulkoportaisiin muodostuva jää ja lumi voivat aiheuttaa onnettomuuksia ja vaaratilanteita. Ulkoalueiden sulanapitojärjestelmä estää jään ja lumen muodostumisen. Raychem tarjoaa ulkoalueiden sulanpitoon neljää eri lämpökaapelia.

Ulkoalueille tarkoitetuista lämpökaapeleista EM2-XR on suositelluin useimpiin kohteisiin. Se on vahvarakenteinen betonipinnoille tarkoitettu itsesäätyvä lämpökaapeli. Sen teho on noin 100 W/m ja sen kestävä maksimilämpötila on 100 °C. Kuviossa 7 nähdään kaapelin asennusvälejä betonissa ja hiekka-alustassa.



KUVIO 7. Asennusvälit eri neliötehoilla. Vasemmalla asennus betoniin ja oikealla asennus hiekka-alustaan (Pentair Thermal Management 2013e, 41.)

Lämpökaapelin pituuden laskemista ei esitetä materiaalissa, mutta luiskille ja käytäville se voidaan laskea kaavasta

$$l = \frac{A}{d} \quad (21)$$

$l$  = lämpökaapelin pituus, m

$A$  = lämmitettävä kokonaispinta-ala, m<sup>2</sup>

$d$  = lämpökaapeliin jako, m.

Lämpökaapelin pituus portaille saadaan

$$l = (2 * s * h) * n + 1 \quad (22)$$

$l$  = lämpökaapelin pituus, m

$s$  = askelman leveys, m

$h$  = askelman korkeus, m

$n$  = askelmien lukumäärä, kpl.

Lämmityspiirien maksimipituudet johdonsuojakatkaisijaa kohti nähdään taulukossa 12. Lisäksi lämmityspiiri tulee suojata 30 mA:n vikavirtasuojauksella, ja yksi vikavirtasuojakytkin saa suojata enintään 500 metriä lämpökaapelia.

TAULUKKO 12. Lämmityspiirien suurimmat sallitut pituudet johdonsuojakatkaisijaa kohti (Pentair Thermal Management 2013e, 43.)

Johdonsuojakatkaisija (A)	Lämmityspiirin suurin sallittu pituus (m)
	EM2-XR
10	17
16	28
20	35
25	45

Loput Raychemin ulkoalueiden sulanapitoon kehittämät ratkaisut koostuvat vakiovastuslämpökaapeleista. Vakiovastuslämpökaapeli EM2-MI on kehitetty asfalttipinnoille ja sen teho on noin 50 W/m. Raychemin tuotteisiin kuuluu myös EM2-CM, joka on asennusvalmis vakiovastuskaapelista valmistettu sulanapitomatto. Sen teho on noin 300 W/m<sup>2</sup> ja sitä käytetään hiekkaperustaisilla ulkoalueilla. Lämpömatto rullataan auki sulanapidettävälle pinnalle ja asennuksen helpottamiseksi siihen on asennettu kylmäkaapeli ja loppupääte valmiiksi. Lisäksi ulkoalueille on tarjolla vakiovastuslämpökaapeli-elementti EM4-CW, joka on tarkoitettu 400 V:n jännitteelle. Elementtiin on asennettu kylmäkaapeli ja loppupääte valmiiksi.

Kaapeliesittelyjen jälkeen materiaalissa kerrotaan ulkoalueille tarkoitetusta VIA-DU-20-ohjausyksiköstä. Ohjausyksikkö sisältää lämpötila-anturin ja maahan asennettavan yhdistetyn lämpötila- ja kosteusanturin. Maa-anturi asennetaan lämmitettävään pintaan lämpökaapeliin väliin ja lämpötila-anturi asennetaan ulos mittaamaan ulkolämpötilaa. Lämmitettävään pintaan asennettavassa anturissa on pieni vastus, joka muuttaa satavan lumen kosteudeksi ja havaitsee tämän kosteuden, jolloin ohjausyksikkö kytkee lämpökaapelin lämmittämään. Ohjausyksikkö kytkee lämpökaapelin lämmittämään myös jos lämmitettävään pintaan asennettu anturi havaitsee lämpötilan laskevan asetusarvon alapuolelle, ja jos pinnassa on kosteutta. Ulkolämpötilaa mittaava anturi havaitsee nopeat lämpötilanmuutokset, kuten pakkasen lauhtumisen. Tällöin ohjausyksikkö

kytkee kaapelin tehonsyötön päälle tai pois tilanteen mukaan. Ohjausyksikön teknisiä tietoja esitetään liitteessä 10.

Lopuksi materiaalissa on harjoitustehtävä, jossa pyydetään suunnittelemaan betonisen ajoluiskan sulanapito. Betoninen ajoluiska on raskaan kaluston käytössä ja se on 40 metriä pitkä ja 5 metriä leveä. Lämmityksen tehoksi halutaan 400 W/m<sup>2</sup>. Tehtävänannossa pyydetään valitsemaan sopiva kaapeli ja laskemaan kaapelin tarvittava pituus. Lisäksi kysytään, että kuinka monta 25 A:n johdonsuojakatkaisijaa järjestelmän suojaukseen tarvitaan sekä lisäksi pyydetään valitsemaan tarvittavat asennustarvikkeet.

Kaapeliksi voidaan valita EM2-XR, koska se on soveltuvin useimpiin kohteisiin. Ajoluiska on betonia ja raskaan kaluston käytössä, ja kaapeli soveltuu ankariin olosuhteisiin vahvan rakenteensa ansiosta. Kaapelin pituuden selvittämiseksi lasketaan ensin ajoluiskan pinta-ala

$$5 \text{ m} * 40 \text{ m} = 200 \text{ m}^2 \quad (23)$$

Tämän jälkeen kuviosta 7 luetaan kaapelin asennusväli betoniin asennettuna. Koska ajoluiskan neliötehoksi tehtävässä halutaan 400 W/m<sup>2</sup>, on kuvion mukaan asennusväli 230 mm eli 0,23 m. Kun asennuspinta-ala jaetaan asennusvälillä, saadaan tarvittava kaapelipituus

$$\frac{200 \text{ m}^2}{0,23 \text{ m}} \approx 870 \text{ m} \quad (24)$$

Lisäksi muistutetaan kytkentävaroista. Taulukosta 12 voidaan lukea 25 A:n johdonsuojakatkaisijan suurin sallittu piirin pituus, mikä on 45 m. Johdonsuojakatkaisijoita tarvitaan siis ainakin 20 kappaletta, ja ne riittävät yhteensä 900 metrille kaapelia. Tehtävässä huomioidaan kuitenkin kaapelin huomattava pituus, joten johdonsuojakatkaisijoita kannattaa siis varata ainakin 21 kappaletta kytkentävarat huomioiden. 21 johdonsuojakatkaisijaa riittää 945 metrille kaapelia, jolloin myös kytkentävarat saadaan varmasti katettua. Lisäksi järjestelmä tarvitsee kaksi kappaletta 30 mA:n vikavirtasuojakytkimiä. Yksi vikavirtasuojakytkin riittää 500 metrille kaapelia.

## 5.7 Teollisuuden lämpökaapelit

Opintomateriaali teollisuuden lämpökaapeleista on 54 dian pituinen ja se on tällöin opintomateriaaleista kaikkein laajin. Materiaalissa esitellään aluksi Pentair, Raychem ja kaikki Raychemin kolme kaapelityyppiä.

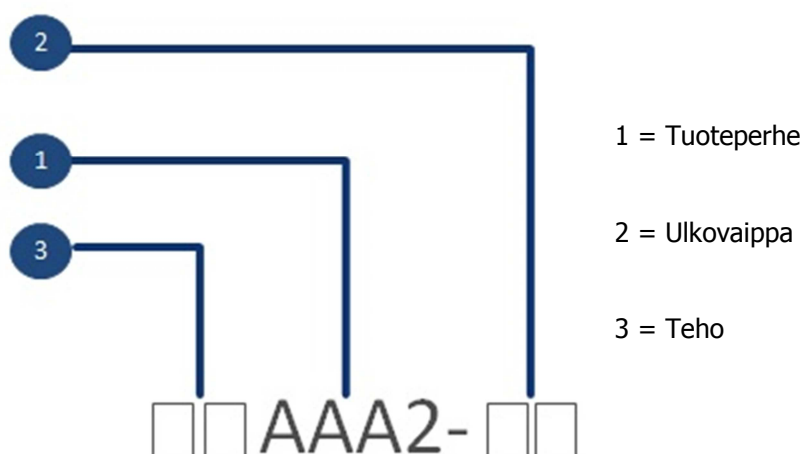
Raychem tarjoaa teollisuuteen niin useita eri kaapelityyppejä, että ei olisi järkevää esitellä niitä kaikkia tässä opintomateriaalissa. Kaapelityypeistä olisi myös hankalaa valita vain tietyt esiteltävät kaapelit, joten teollisuuden opintomateriaalista päädyttiin jättämään kaapeliesittelyt kokonaan pois. Myöskään materiaalin harjoitustehtävässä kaapelityyppejä ei tarvitse tietää.

Kaapeliesittelyjen sijaan materiaalissa käydään tarkkaan läpi lämmitysjärjestelmän suunnittelu vaihe vaiheelta, vaikka nykyään teollisuuden lämmitys- ja sulanapitoratkaisut suunnitellaan useimmiten tietokoneen laskentaohjelmilla. Suunnittelun aluksi kohteesta kerätään alkutietoja. Alkutietoja ovat kaikki erityisolosuhteet sekä tilaluokat ja ympäristöolosuhteet. Lisäksi selvitetään syöttöjännite ja ympäristön jatkuva ja hetkellinen maksimilämpötila. Jos lämpökaapeli on tarkoitus asentaa putkeen, myös putken tiedot tulee selvittää (katso kappale 5.5 Putkien sulanapito). Kohteen tehontarve selvitetään alkutietojen ja mahdollisen putken tietojen perusteella.

TAULUKKO 13. Kaapeliperheen valinta lämmitysjärjestelmän suunnittelussa teollisuuteen (Pentair Thermal Management 2013f, 17.)

Ympäristön maksimilämpötila jännitteisenä		T-luokka	Lämpökaapeliperhe
Jatkuva (°C)	Hetkellinen (°C)		
65	85	T6	BTV-CT
110	110	T4	QTVR-CT
120	215	T3	4, 8, 12, 15XTV-CT
120	215	T2	20XTV-CT
150	215	T2	KTV-CT

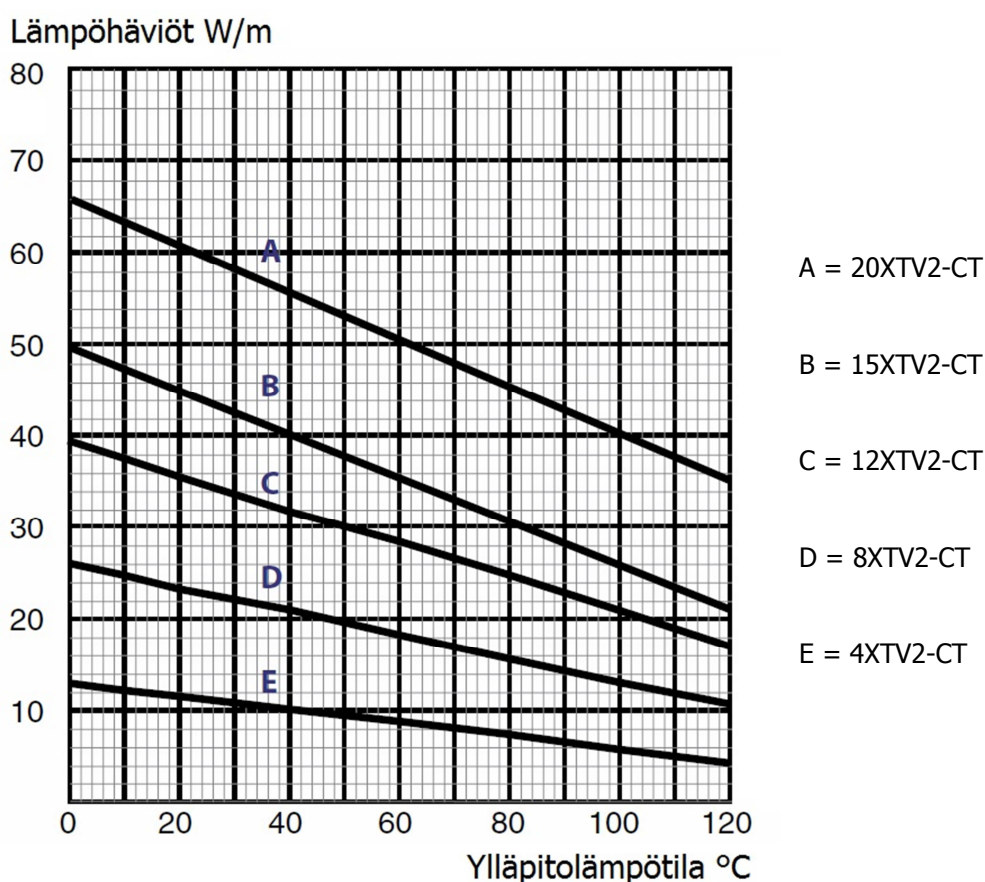
Aluksi valitaan kohteeseen sopiva lämpökaapeliperhe taulukon 13 mukaisesti ympäristön maksimilämpötilojen ja T-luokan perusteella. T-luokalla tarkoitetaan lämpötilaluokkaa, mihin räjähdysvaarallisilla alueilla käytettävät laitteet on jaettu. T-luokkien ryhmät ovat T1 – T6 niiden itsesyttymislämpötilan mukaan. Lämpötilaluokka kuvaa lämpötilaa, mikä lämmitettävän laitteen pintalämpötila saa enimmillään olla, kullekin räjähdysherkälle aineelle. Ainevalmistajat luokittelevat aineensa T-luokat ja laitevalmistajat testaavat mihin luokkaan heidän laitteensa kuuluvat. Lämpötilaluokan T1 laitteen pintalämpötila saa olla 450 °C ja luokan T6 laitteen pintalämpötila saa olla 85 °C.



KUVIO 8. Kaapelin tuotekoodin muodostuminen (Pentair Thermal Management 2013f, 19.)

Kaapelitunnus muodostuu kaapelin tehosta, tuoteperheen tunnuksesta ja ulkovaipan materiaalista. Ulkovaipan materiaalin tunnus CT tarkoittaa fluoropolymeerivaippaa, jolla on hyvä mekaaninen kestävyys ja se kestää öljyn sekä kemikaalit. BTV-kaapeliperheisiin on lisäksi saatavilla polyolefiinivaippa kosteisiin tiloihin. Kuviossa 8 on nähtävillä miten kaapelin tuotekoodi muodostuu.

Kun tiedetään kaapelin tuoteperhe, valitaan tuoteperheestä sopiva kaapeli. Kaapeli valitaan ylläpitolämpötilan ja kohteen lämpöhäviöiden perusteella. Kuviossa 9 on esimerkkinä XTV2-CT-lämpökaapeliperheen kaapeleiden valintakäyrät. Jokaisen kaapeliperheen käyrästöt löytyvät Raychemin Teollisuuden saattolämmitys-tuotekatalogista. Käyrästöstä luetaan halutun ylläpitolämpötilan ja kohteen lämpöhäviöiden perusteella, mikä kaapeli tuottaa tarpeeksi tehoa kattamaan lämpöhäviöt.



KUVIO 9. Esimerkkinä XTV2-CT-tuoteperheen kaapelin tehon valintakäyrä (Pentair Thermal Management 2012, 91.)

Kun kaapelin teho on tiedossa, selvitetään tarvittava lämpökaapelin pituus. Lämmitettävä käyttökohde vaikuttaa kaapelin pituuden laskentaan merkittävästi. Materiaalissa käydään läpi putkiston lämmittämiseen tarkoitetun lämpökaapelin pituuden laskemista, mutta teollisuudessa on myös muita järjestelmiä joihin lämmitystä ja sulanapitoa voidaan suunnitella, kuten esimerkiksi säiliöt ja siilot. Opintomateriaalin tuli kuitenkin olla yksinkertainen eikä liian yksityiskohtiin menevä, joten materiaalissa päädyttiin käymään läpi vain yhden järjestelmän kaapelin pituuden määrittäminen. Lisäksi materiaalin harjoitustehtävä koskee putkiston lämmitystä, joten siksi kyseisen järjestelmän lämmityskaapelin pituuden selvittäminen toimii hyvänä esimerkkinä.

Putkiston lämmittämisessä aluksi selvitetään putken tai putkiston pituus. Putken tai putkiston pituuteen lisätään noin

- 0,5 m/kytkentä
- 0,5 m/loppupääte.

Lisäksi jokaista laippaparia kohti tarvittava kaapelimäärä lasketaan kaavasta

$$l = 2 * d \quad (25)$$

$l$  = lämpökaapelin pituus, m

$d$  = putken halkaisija, m.

Tämän jälkeen otetaan selvää mahdollisien venttiilien tyypeistä sekä selvitetään niiden lukumäärä. Venttiilikohtaisten kytkentävarojen laskentaan tarvitaan venttiilikerrointa, joiden arvoja voidaan lukea taulukosta 14. Kaapelin määrä venttiiliä kohti on laskettavissa kaavasta

$$l = \frac{n * P_k * k}{P} \quad (26)$$

$l$  = lämpökaapelin pituus, m

$n$  = venttiilien lukumäärä

$P_k$  = kaapelin teho

$k$  = venttiilikerroin

$P$  = lämpöhäviöt.

TAULUKKO 14. Lämpökaapelin pituus venttiilityyppejä kohti (Pentair Thermal Management 2013f, 23.)

Venttiilityyppi	Venttiilikerroin
Luisti	1,31
Läppä	0,70
Pallo	0,77
Istukka	1,19

Kun kaikki kaapelivarat on laskettu, lisätään ne putken tai putkiston pituuteen ja saadaan lopullinen tarvittava lämpökaapelin pituus. Kaapelin tyypin ja pituuden selvittämisen jälkeen suunnitellaan järjestelmään sopiva suojaus.

Pentair tarjoaa verkkosivuillaan lämmitys- ja sulanapitojärjestelmien suunnitteluohjelmistoa. Suunnitteluohjelmisto TraceCalc Pro mahdollistaa helpon ja nopean suunnittelun vaihe vaiheelta. Ohjelma valitsee järjestelmään automaattisesti sopivat lämpökaapelit ja asennustarvikkeet. Ohjelmisto laskee myös mm.

- putkien lämpöhäviöt
- piirien lukumäärät
- sähkökuormitukset
- putkien lämpötilat.

Ohjelmasta saa tallennettua ja tulostettua raportteja ja tarvikelista suunnitelmasta. Lisäksi ohjelma varoittaa mahdollisista virheistä järjestelmän suunnittelussa.

Teollisuuden opintomateriaalin harjoitustehtävä tehtiin TraceCalc Pro -ohjelmalla toteutettavaksi. Materiaalissa neuvotaan lataamaan ohjelma Pentairin verkkosivuilta ja syöttämään tehtävänannon tiedot ohjelmaan. Tehtävänannossa Tehdas Oy:lle rakennetaan 110 metriä pitkä sprinkleriputki. Putki asennetaan ulos putkisillalle Pohjois-Suomeen. Putki on halkaisijaltaan 32 mm ja sen RW-eriste on 30 mm paksu. Putken kummassakin päässä on venttiili ja putki on kannakoitu kahden metrin välein. Putki on tyypiltään TC-DN (metric). Järjestelmässä on 16 A:n johdonsuojakatkaisijat. Tehtävässä pyydetään valitsemaan TraceCalc Pro-ohjelman avulla oikea kaapeli ja asennustarvikkeet sprinkleriputken sulanapitoon. Lisäksi pyydetään selvittämään putken mahdolliset minimi- ja maksimilämpötilat, jos putkea ei ohjata termostaatilla.

Basic	Reference	Area Class	Heater Options	Components	Controls
<div> <div>Line ID: Sprinkleriputki</div> <div>Section No.: 1</div> <div>Line Type: Parent <span>Edit...</span></div> </div>					
<div> <div>Pipe</div> <div>Type: TC-DN (METRIC) <span>...</span></div> <div>Diameter: 32 mm</div> <div>Length: 110,00 m</div> <div>Max. Contact Temp.: °C</div> <div>Valves, supports...</div> </div>			<div> <div>Temperatures</div> <div>Maintain: 5 °C</div> <div>Min. Ambient: -40 °C</div> <div>Max. Ambient: 40 °C</div> <div>Max. Htr Exposure: 5 °C</div> <div>Max. Pipe Operating: 5 °C</div> <div>Max. Allowable: 85 °C</div> </div>		
<div> <div>Insulation</div> <div>Type: RW <span>...</span></div> <div>Thickness: 30,0 mm</div> <div>Advanced...</div> </div>			<div> <div>Electrical</div> <div>Single phase (L-N) <span>...</span></div> <div>Voltage: 230 volts</div> <div>Heater Oper. Voltage: 230 volts</div> <div>Max. CB Size: 16 A</div> </div>		

KUVA 24. Harjoitustehtävän malliratkaisu TraceCalc Pro -suunnitteluohjelmalla.

Materiaalissa käydään vaihe vaiheelta läpi TraceCalc Pro -ohjelman käyttöä tehtävänannon mukaiseksi. Harjoitustehtävän oikeat vastaukset on esitetty kuvien ja lyhyiden selitysten avulla. Ohjelman avattuun ohjelmassa aukeaa kuvan 24 mukainen ikkuna. Kuvassa 24 on esitetyt malli, kuinka TraceCalc Pro -ohjelmaan täytetään halutun järjestelmän perustiedot. Kuvassa on näkyvillä sprinkleriputken valittu tyyppi (type), halkaisija (diameter) ja pituus (length), jotka on syötetty tehtävänannon mukaisiksi. Painikkeesta "Valves, supports..." päästään kuvan 25 mukaiseen näkymään.

Type	Mode	Specify Interval	Interval	Quantity
<b>Valves</b>				
Type 1: 01TYPV1	Calculate heat loss			2
Type 2:				
Type 3:				
<input checked="" type="checkbox"/> Use TCPro default interval for Supports and Flanges				
<b>Supports</b>				
Type 1: 01TYPV1	Calculate heat loss	<input checked="" type="checkbox"/>	2,0 m	55
Type 2:		<input type="checkbox"/>	m	
Type 3:		<input type="checkbox"/>	m	
<b>Flanges</b>				
Type 1:		<input type="checkbox"/>	m	
<b>Miscellaneous</b>				
<input checked="" type="radio"/> None <input type="radio"/> Allow percentage of pipe length <input type="radio"/> Allow lump sum watts <input type="radio"/> Allow fixed length of heater				
Quantity: 0,0		Drain / Vent Quantity: 0		
				OK Cancel

KUVA 25. Sähkösaattolämmitysjärjestelmän venttiilien ja tukien muokkaus TraceCalc Pro-ohjelmassa.

Suunnitteluohjelmassa venttiilien (valves) ja tukien (supports) tyypit voidaan määritellä tarkasti, jos ne ovat tiedossa. Tässä harjoitustehtävässä tiedetään, että putken molemmissa päissä on venttiili ja putki on kannakoitu kahden metrin välein. Venttiilien ja tukien tyypit eivät kuitenkaan ole tiedossa, joten ohjelmassa voidaan käyttää tyypiltään tyypillisiä komponentteja, joiden tunnuksessa esiintyy kirjainyhdistelmä TYP. Sovellukseen täytetään venttiilien ja kannakkeiden määrä (quantity) sekä kannakkeiden etäisyydet (interval) toisistaan kuvan 25 mukaisella tavalla.

Kun venttiilien ja tukien tiedot on syötetty ohjelmaan, syötetään eristeen tiedot. Tehtävänannossa on ilmoitettu eristeen tyypin (type) olevan RW ja paksuus (thickness) 30 mm. Kuvassa 24 on esitetty alhaalla vasemmalla tietojen oikea täyttötapa.



Tämän jälkeen täytetään kuvassa 24 oikealla näkyvät lämpötilatiedot. Suurin osa lämpötilatiedoista on asetettuna ohjelmaan jo valmiiksi ja niitä voi muuttaa tarvittaessa. Tässä harjoitustehtävässä ylläpitolämpötilaksi (maintain) täytetään +5 °C, joka tarkoittaa sulanapitolämpötilaa, jonka järjestelmä ylläpitää putkessa. Tehtävänannossa kerrotaan, että sprinkleriputki suunnitellaan Pohjois-Suomeen, joten ympäristön lämpötilaksi (ambient) voidaan asettaa -40...+40 °C. Nykyään suunnitteluohjelmaan syötetään kyseinen lämpötila-asteikko, vaikka järjestelmä suunniteltaisiin Etelä-Suomeen, koska ympäristön lämpötilat voivat vaihdella paljonkin. Kuitenkin jos järjestelmiä suunnitellaan ulkomaille, voidaan ympäristön lämpötila-asteikoksi asettaa jotakin muuta.

Kaapeliin ulkopuolelta kohdistuva maksimilämpötila (max. htr exposure) on +5 °C, koska kaapeliin kohdistuu vain veden maksimilämpötila, joka on +5 °C. Harjoitustehtävän tilanteessa ei ole muita ulkopuolelta kohdistuvia lämpötiloja, kuten höyrypuhallusta. Käyttölämpötilaksi (max. pipe operating) asetetaan myös +5 °C, koska putki halutaan pitää sulana, mutta sitä ei haluta lämmittää. Lopuksi täytetään haluttu maksimilämpötila, joka aiheuttaa hälytyksen (max. allowable). Putki tai putkessa virtaava aine voi mennä pilalle tietyssä lämpötilassa, jolloin järjestelmän on hyvä hälyttää ajoissa. Tässä tehtävässä suurin lämpötila, mikä putkessa saa esiintyä on +85 °C kuvan 24 mukaisesti.

Kun putken, venttiilien, tukien, eristeen sekä lämpötilojen tiedot on määritelty ohjelmaan, voidaan lopuksi kuvan 24 oikeaan alalaitaan määrittää järjestelmän sähkötekniisiä tietoja. Tässä tehtävänannossa tiedetään että järjestelmässä on 16 A:n sulakkeet ja kyseinen tieto syötetään ohjelmaan kuvan 24 mukaisesti.

The screenshot shows the 'Area Class' tab in the TraceCalc Pro software. The 'Standards Body' is set to 'CENELEC'. Under 'Area Classification', 'Non-hazardous' is checked, and 'Zone 1', 'Zone 2', 'Zone 21', and 'Zone 22' are unchecked. Under 'Design Parameters', 'Specify equipment T-rating' and 'Specify auto-ignition temperature' are radio buttons, and 'T-Rating' is a dropdown menu. Under 'Sheath temperature calculation options', 'Allow stabilized design' is checked, 'Use control limited design' is unchecked, and 'Control Limited Setpoint' is a text box with a unit of °C.

KUVA 26. Sähkösaattolämmitysjärjestelmän tilaluokituksen muokkaus TraceCalc Pro-ohjelmassa.

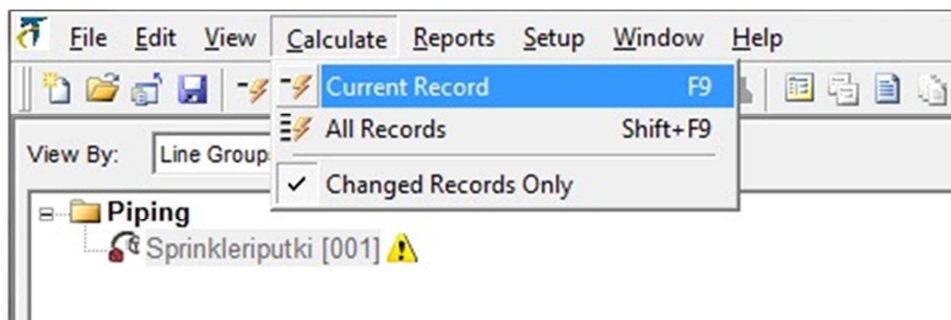
Kun järjestelmän perustiedot on täytetty kuvan 24 välilehdeltä (basic), siirrytään muokkaamaan tilaluokitusta (area class). Kyseiseltä välilehdeltä tarkastetaan, ettei ohjelmaan ole valittuna räjähdyksivaarallinen tila. Jos tilaksi valitaan räjähdyksivaarallinen tila, ohjelma valitsee asennustarvikkeet tilan mukaan. Kuvassa 26 on nähtävissä tilaluokituksen tehtävänannon mukaisesti esitetyt välilehti.

Tämän jälkeen siirrytään valitsemaan järjestelmän ohjausta (controls). Tehtävänannossa pyydetään selvittämään putken minimi- ja maksimilämpötilat, kun putkea ei ohjata termostaatilla. Tästä syystä ohjaukseksi valitaan ohjaamaton järjestelmä (uncontrolled) kuvan 27 mukaisella tavalla. Jos järjestelmään valitaan termostaatti ohjaukseen, ei ohjelma laske putken mahdollisia minimi- ja maksimilämpötiloja, koska lämpötilat ohjataan tällöin halutuiksi termostaatilla.

The screenshot shows the 'Controls' tab of a software interface. The 'Control Method' is set to 'Uncontrolled'. There are checkboxes for 'Sensor is located on this line', 'Use Limiter Lockout', 'Use centralized control equipment', and 'Use local control equipment'. The 'Use centralized control equipment' section includes a 'Panel Name' dropdown, an 'Edit Panels...' button, a 'Select Sensor' dropdown, and a 'Force Qty' input field set to 0. The 'Use local control equipment' section includes a 'Category' dropdown, a 'Use direct connection in controller if possible' checkbox, two 'Select Product' dropdowns, two 'Force Qty' input fields set to 0, and two 'Select Sensor' dropdowns. At the bottom, there is a 'Reference Information (optional)' section with 'CB No.' and 'Circuit No.' input fields.

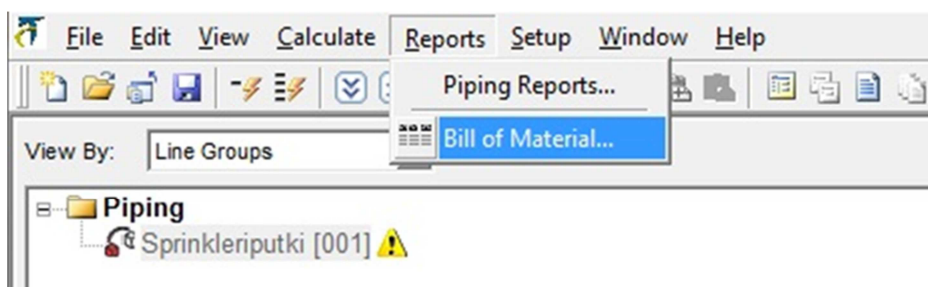
KUVA 27. Tehtävänannon mukainen esitetyt ohjaus-välilehti.

Tämän jälkeen kaikki tarvittavat tiedot on syötetty ohjelmaan ja ohjelman ylävalikosta voidaan valita sovelluksen laskentatoiminto kuvan 28 mukaisesti. Ohjelma laskee järjestelmän tiedot ja tekee tarvikeluettelon. Ohjelma kertoo poikkeamista keltaisella varoituskolmiolla. Tässä harjoitustehtävässä ohjelma varoittaa kolmiolla useammasta sähkösyöttöpiiristä. Ohjelma antaa laskennan tiedot ohjelman ikkunan alalaitaan, josta löytyvät myös putken minimi- ja maksimilämpötilat (min. controlled pipe ja max. controlled pipe). Tässä harjoitustehtävässä putken minimilämpötila on +14 °C ja putken maksimilämpötila on +50 °C. Liitteessä 11 on esitetty kaikki ohjelman laskennan tulokset harjoitustehtävän osalta.



KUVA 28. Järjestelmän laskennan suoritus TraceCalc Pro -ohjelmassa.

Ohjelma luo myös tarvikeluettelon (bill of material) kuvan 29 mukaisesti. Tarvikeluetteloon on listattu kaikki järjestelmään tarvittavat tuotteet ja se on tulostettavissa ja tallennettavissa. Liitteessä 12 on esimerkkinä materiaalin harjoitustehtävän tarvikeluettelo.



KUVA 29. Tarvikeluettelon luonti TraceCalc Pro -ohjelmalla.

Kun harjoitustehtävän vastaukset on esitetty kuvin, käydään materiaalissa läpi TraceCalc Pro-ohjelman tärkeimpiä toimintoja ja ominaisuuksia. Materiaalissa neuvotaan komponenttien valintaa ja muokkausta, ympäristön olosuhteiden muokkausta projektiin sekä projektien tietojen muokkausta.

## 5.8 Sovellus

Tehtävänantoon kuului myös suunnitella ja toteuttaa sovellus, josta opintomateriaaleja pääsee käyttämään. Sovelluksen tuli olla sellainen, että sen voisi muistitikulla luovuttaa opettajalle ja jonka opettaja voisi tietokoneelleen asentaa. Sovelluksesta toivottiin mahdollisimman yksinkertaista ja helppokäyttöistä. Lisäksi mahdollisuuksien mukaan sovellukseen lisättäisiin muuta aiheeseen liittyvää materiaalia, kuten videoita ja esitteitä sekä osio, josta löytyisi ohjeita opettajalle. Sovellus toteutettiin VisualStudio-sovelluskehittimellä, joka on Microsoftin kehittämä ohjelmointityökalu ja ohjelmointikielenä käytettiin C#-kieltä (C Sharp-kieltä).

Usein kouluympäristöissä tietokoneissa saattaa olla ohjelmien asennuksiin liittyviä käyttäjäkohtaisia estoja ja sovelluksesta haluttiin sellainen, että se on mahdollista asentaa tietokoneisiin myös ilman järjestyksenvälvojan oikeuksia. Tästä syystä sovelluksen ohjelmoinnissa päädyttiin ratkaisuun, jossa sovellusta ei todellisuudessa asenneta tietokoneelle, vaan sovelluksen tarvitsemat tiedostot siirretään tietokoneen C-asemalle. Tätä toimintoa kutsutaan tiedostojen siirroksi. Asennuksessa ohjelma tekee muutoksia tietokoneeseen, mutta tiedostojen siirrossa muutoksia koneeseen ei tehdä,

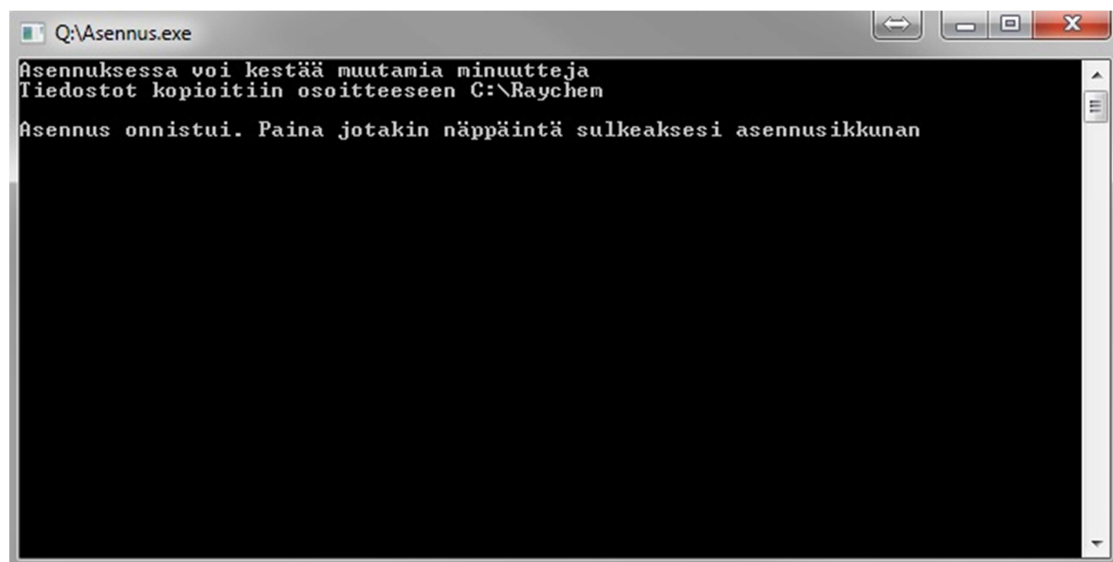
joten tiedostojen siirron voi suorittaa myös käyttäjä, jolta muiden ohjelmien asennus olisikin estetty. Tässä raportissa puhutaan kuitenkin ohjelman asennuksesta tarkoittaen tiedostojen siirtoa.

Sovelluksen tiedostojen siirtoa varten VisualStudio-sovelluskehittimellä tehtiin oma ohjelmansa. Sovelluksen tiedostojen siirto nimettiin nimellä Asennus.exe, koska terminä asennus on tietokonekielessä tunnetumpi ja ymmärrettävämpi kuin tiedostojen siirto. Ohjelmaan ohjelmoitiin käsky, jolla sovellusta asennettaessa ohjelma luo tietokoneen C-asemalle uuden kansion nimeltään Raychem. Luomaansa C-aseman kansioon ohjelma siirtää kaikki käyttämänsä ja tarvitsemansa tiedostot. Tällaisia tiedostoja ovat esimerkiksi PowerPoint-esitykset, esitteet ja asennusvideot.



KUVA 30. Sovelluksen pikakuvake.

Sovellusta asennettaessa ohjelma luo myös pikakuvakkeen tietokoneen työpöydälle. Pikakuvakkeeksi päädyttiin valitsemaan kuvan 30 mukainen Raychemin logon ensimmäinen kirjain. Sovelluksen virallinen nimi on Raychemin lämpö- ja sulanapitoratkaisut. Kun sovellusta asennetaan, avautuu tietokoneen näytölle näkymään kuvan 31 mukainen asennusikkuna. Asennusikkunaan ohjelmoitiin teksti "Asennuksessa voi kestää muutamia minuutteja", mutta yleensä asennus tapahtuu alle minuutissa.



KUVA 31. Sovelluksen asennusikkuna.

Kun ohjelma on suorittanut tiedostojen siirron, asennusikkunaan ilmestyy teksti: "Tiedostot kopioitiin osoitteeseen C:\Raychem". Tässä käyttäjälle kerrotaan vielä tarkka osoite tietokoneessa, mihin sovelluksen käyttämät tiedostot on siirretty. Kun tiedostojen siirto ja pikakuvakkeen luonti on suoritettu onnistuneesti, asennusikkunaan ilmestyy teksti "Asennus onnistui. Paina jotakin näppäintä

sulkeaksesi asennusikkunan”. Tällä käyttäjälle kerrotaan, että asennus on onnistunut ja asennusikkunan voi sulkea. Jos tiedostojen siirtoa tai pikakuvakkeen luontia ei voitu jostain syystä suorittaa, asennusikkunaan ilmestyy virhekoodi.

Kun sovelluksen asennus ja pikakuvakkeen luonti oli tehty, ohjelmoitiin itse sovellus. Sovellus toteutettiin VisualStudio-sovelluskehittimellä. Ohjelmoinnissa käytettiin .NET Frameworkin Windows Form-ohjelmointirajapintaa, jolla voi luoda graafisia käyttöliittymiä ohjelmille.

Sovelluksesta haluttiin helppokäyttöinen ja selkeä, joten sen ulkonäkö pidettiin mahdollisimman yksinkertaisena ja opintomateriaalin tyyliin sopivana. Kuvassa 32 on nähtävillä sovelluksen alkuikkunan ulkonäkö. Jokaiselle aihealueelle tehtiin oma aiheeseen sopiva ikoni. Ikonia klikkaamalla pääsee seuraavaan ikkunaan, josta voi joko avata opintomateriaalin tai mennä selaamaan aihealueen esitteitä. Esimerkkinä klikattaessa lattialämmityksen ikonia, avautuu kuvan 33 mukainen ikkuna.

Kuvan 33 sovellusikkunasta lattialämmityksen ikonista avautuu lattialämmityksen opintomateriaali PowerPoint-esityksenä. Esitteet-ikonista avautuu uusi sovellusikkuna, josta voi selata Raychemin lattialämmitykseen liittyviä esitteitä. Esitteet avautuvat PDF-tiedostoina.



KUVA 32. Sovelluksen alkuikkuna.



KUVA 33. Sovelluksen ikkuna, josta pääsee selaamaan lattialämmityksen opintomateriaalia ja esitteitä.

Jokainen sovellusikkuna avautuu uuteen ikkunaan, eikä vanhan ikkunan päälle. Jokaiseen ikkunaan, paitsi aloitusikkunaan, lisättiin vasempaan ylänurkkaan nuoli, jossa lukee "Edellinen". Klikattaessa ylänurkan nuolta, kyseinen sovellusikkuna sulkeutuu. Tällöin käyttäjän näkyville tulee edellinen ikkuna, joka on koko ajan ollut auki taustalla. Tällainen toteutus oli yksinkertaisempi toteuttaa, kuin sellainen, että ikkunat avautuisivat aina samassa sovellusikkunassa. Koska sovelluksen ohjelmointiin ei ollut käytettävissä hirveästi aikaa, päätettiin tällainen toteutus jättää valmiiseen sovellukseen.

Sovellusta testattaessa huomattiin, että sovellusikkunat ovat liian suuria useimpien kannettavien tietokoneiden näytöille. Tästä syystä kaikkiin sovellusikkunoihin muokattiin sivujen vieritys-toiminto. Sivujen vieritys-palkki tulee ikkunoihin näkyville, kun sovellusikkunaa suurennetaan oikeasta yläkulmasta. Jos sovellusikkunat ovat sopivia näytölle, niitä ei tarvitse suurentaa eikä tällöin ikkunoiden reunoilla näy vierityspalkkia.

Ohjelmoitaessa ohjelmaan luotiin Resources-kansio, jonne lisättiin kaikki ikonien kuvat, joita sovelluksessa tarvittiin. Ohjelmassa kuvien kokoa ei voinut muokata, joten kuvien kokoa piti muokata toisilla ohjelmilla ja laittaa ohjelman Resources-kansioon jokaisesta kuvasta eri kokoinen versio tarpeen mukaan. Esimerkiksi kuvissa 32 ja 33 nähtävät lattialämmitys-ikonit ovat sama kuva, mutta erikokoisia. Resources-kansiosta kuvat saatiin sovelluksen käyttöön.



Tiedostonsiirrossa ohjelman käyttämät tiedostot siirrettiin tietokoneen C-asemalle. Ohjelman käyttämät tiedostot, eli kaikki PowerPoint-esitykset, PDF-muotoiset esitteet sekä asennusvideot kerättiin yhteen Tiedostot-kansioon. Tiedostot-kansion tulee olla Asennus.exe-tiedoston kanssa samalla muistitikulla, jotta asennustiedosto osaa siirtää tiedostot-kansion tiedostot tietokoneen C-asemalle. Lisäksi Tiedostot-kansiossa on ohjelman käyttämä pikakuvake (kuva 30) .ico-muodossa.

Materiaalien muokkaus jatkossa on mahdollista. Yhtiölle on luovutettu materiaalien alkuperäiset versiot, jotka ovat muokattavissa. Materiaaleihin voidaan tehdä muutoksia tai lisäyksiä suoraan muokattavaan PowerPoint-tiedostoon, joka sen jälkeen tallennetaan PowerPoint-esitykseksi Tiedostot-kansioon edellisen tiedoston päälle. Muokattu versio tulee tallentaa samaan tiedostomuotoon (.ppsx) ja täysin samalla nimellä kuin edellinen tiedosto. Tällöin sovellus osaa käyttää päivitettyä materiaalia vanhan materiaalin tapaan.

Kun sovelluksen ohjelman ohjelmointi oli valmis, nimettiin sovellustiedosto ohjelman nimen mukaan ”Raychemin lämpö- ja sulanapitoratkaisut” ja luotiin kansio ”Ohjelma”, johon kyseinen sovellus lisätään. Tiedostojen siirto-ohjelmassa on jo määritelty, että ohjelma löytää sovelluksen Ohjelma-kansiosta ja siirtää myös sen tietokoneen C-asemalle tiedostojen siirron aikana. Tällöin käyttäjä voi asentaa sovelluksen tietokoneelleen ja käyttää ohjelmaa suoraan C-aseman kansiesta Raychem-kansiosta. Tällöin pikakuvakkeen voi poistaa työpöydältä, jos käyttäjä pitää sitä tarpeettomana.

Muistitikulla, joka luovutetaan opettajalle, tulee siis olla ohjelma, jolla tiedostojen siirto suoritetaan eli tässä tapauksessa Asennus.exe sekä Tiedostot-kansio, josta löytyy kaikki sovelluksen käyttämät tiedostot sekä Ohjelma-kansio, josta löytyy itse sovellus. Lisäksi muistitikua varten luotiin PDF-muotoinen saatekirje opettajalle (Liite 13), jossa kerrotaan sovelluksen asennuksesta sekä poistamisesta tietokoneelta. Lisäksi saatekirjeeseen lisättiin Pentairin omaa tekstiä, jota yhtiö voi jatkossa muokata, lisätä tai poistaa.

Kun sovellus on asennettu tietokoneelle, sitä voidaan käyttää pikakuvakkeesta. Sovelluksesta voidaan selata opintomateriaaleja aihealueittain tai tarkastella aihealueiden esitteitä. Lattialämmityksen tuotteiden esitteitä sovelluksessa on kolme kappaletta sekä lisäksi yksi pikavalintaopas, jonka avulla voidaan valita Raychemin tuotteita lattialämmitykseen. Lisäksi pikavalintaopasta tarvitaan, kun tehdään lattialämmityksen harjoitustehtävää. Lämpimän käyttöveden saattolämmityksestä sovelluksessa on vain yksi yleisesite. Putkien sulanapidosta sovelluksessa on yksi yleisesite, yksi tuote-esite ja pikavalintaopas. Räystäskouruista ja sadevesijärjestelmistä sovelluksessa on yleisesite ja tuote-esite. Ulkoalueiden sulanapidosta sovellukseen lisättiin yleisesite aiheesta, tuote-esite ja pikavalintaopas. Teollisuuden osiosta päädyttiin sovellukseen lisäämään Raychemin teollisuuden saattolämmitys-esite ja pikavalintaopas.

Ohjeita opettajalle-osiossa on Raychemin Lämpökaapelit 2013-esite kokonaisuudessaan ja lisäksi neljän dian pituinen diaesitys, jossa kerrotaan lyhyesti ohjeistusta opettajalle sovelluksen ja materiaalien käytöstä.

Videot-osioon lisättiin kuusi Raychemin asennusvideota sekä yksi periaatevideo itsesäätyvän lämpökaapelin toiminnasta. Kaikki asennusvideot koskevat lattialämmitystuotteiden asennusta. Sovellukseen lisättiin seuraavat videot:

- T2Isolectan asennus
- T2Isolectan ja T2Bluen asennus
- T2Isolectan ja T2Quicknetin asennus
- Itsesäätyvä lämpökaapeli
- T2Redin asennus
- T2Reflectan ja T2Redin asennus
- NRG-termostaatin asennus.

Videot avautuvat tietokoneen oletusohjelmalla. Kaikki asennusvideot ovat mp4-tiedostoja ja itsesäätyvän lämpökaapelin toiminnasta kertova video on avi-tiedosto. Videot ovat englanninkielisiä, koska suomenkielisiä ei ollut saatavilla.

Sovellus toimii vain Windows 7-käyttöjärjestelmällä. Sovellusta on testattu Windows XP-käyttöjärjestelmällä, mutta kyseisellä käyttöjärjestelmällä sovelluksen tiedostojen siirto tai sovellus itse eivät toimi lainkaan. Windows Vista-käyttöjärjestelmässä sovellusta ei päästy testaamaan. Lisäksi sovellus tarvitsee toimiakseen ohjelman Microsoft PowerPoint 2010.



## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä käytännönläheinen opintomateriaali Raychemin tuotteista ja järjestelmistä ammatti- ja ammattikorkeakoulujen opettajien itsenäiseen käyttöön. Materiaalit jaettiin kuuteen aihealueeseen, joista jokainen aihe toimii itsenäisenä materiaalina tai kaikki aiheet toimivat yhdessä kokonaisuutena. Lisäksi opintomateriaaleja varten tehtiin tietokonesovellus, josta materiaaleja voi opiskella. Sovelluksesta haluttiin helppokäyttöinen ja sellainen, että se toimii mahdollisimman monessa tietokoneessa. Sovellukseen haluttiin lisäksi asennusvideoita ja esitteitä.

Materiaalit jaettiin kuuteen aihealueeseen, ja jokaisesta aihealueesta tehtiin oma opintomateriaalinsa. Materiaaleissa kerrottiin kyseisen aihealueen lämmityksestä tai sulanapidosta ja esiteltiin Raychemin tuotteita ja järjestelmiä.

Materiaaleissa asiat pyrittiin pitämään yksinkertaisina, ja asiat esitettiin aina kun mahdollista kuvien avulla. Asiat pyrittiin esittämään niin helposti, että opettaja ymmärtää ne, vaikka asia ei olisikaan hänelle tuttu. Opettajan tulee pystyä opettamaan opiskelijoita materiaalien avulla ilman, että hän käy aiheeseen liittyviä kursseja tai koulutuksia.

Materiaaleista tehtiin itsenäisesti toimivia lisäämällä jokaisen materiaalin alkuun lyhyt esittely yhtiöstä, tuotemerkeistä ja kaapelityypeistä. Tällöin on mahdollista käydä läpi esimerkiksi vain yksi materiaali ja ymmärtää opiskelemaisensa asia. Jos taas materiaalit käydään kaikki läpi, on lyhyet alkudiat mahdollista ohittaa nopeasti turhan toiston välttämiseksi.

Materiaaleja varten luotiin sovellus VisualStudio-sovelluskehittimellä käyttäen Windows Form-ohjelmointirajapintaa. Sovellukseen lisättiin opintomateriaalit aihealueittain sekä lisäksi esitteitä ja asennusvideoita. Sovelluksesta luotiin ulkonäöltään yhtiön linjaukseen sopiva helppokäyttöinen ohjelma, joka on asennettavissa tietokoneelle. Sovelluksen asennukseen ei tarvita järjestyksenalvojan oikeuksia, mikä helpottaa ohjelman asennusta kouluympäristössä.

Materiaalien hieman hankala muokattavuus voi tuottaa ongelmia jatkossa. Kun kouluille on kerran luovutettu sovellus muistitikulla, ei materiaaleja saada päivitettyä, ellei opettajalle luovuteta uutta materiaalia. Tällöin opettajan tulisi poistaa vanha sovellus ja asentaa uusi tietokoneeseen.

Sovellus toimii vain Windows 7-käyttöjärjestelmässä ja tietokoneella tulee olla Microsoft PowerPoint 2010. Jos materiaalit olisi toteutettu pelkästään PowerPoint-dioina ilman sovellusta, toimisivat ne varmasti useammassa tietokoneissa kuin nyt. Toisaalta sovellus toimiessaan helpottaa materiaalien ja esitteiden selausta, koska kaikki materiaalit ja esitteet on kerätty sovellukseen. Jos kaikki materiaalit ja esitteet olisivat muistitikulla ilman sovellusta, olisi tiedostoja hyvin paljon ja niiden selailu voisi olla ärsyttävää. Tällöin käyttäjä todennäköisesti poistaisi kaikki tiedostot muistitikulta ja ottaisi tikun muuhun käyttöönsä. Nyt kun käyttäjä asentaa sovelluksen tietokoneelleen, hän voi tämän jälkeen poistaa tiedostot muistitikulta. Tällöin käyttäjällä on edelleen sovellus käytettävissä tietokoneellaan.

## LÄHTEET

AHORANTA, Jukka 2011. Kiinteistöjen sähköasennukset. 2., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.

ASHRAE Journal 2010. History of Radiant Heating & Colling Systems [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-04-11]. Saatavissa:

[http://www.healthyheating.com/History\\_of\\_Radiant\\_Heating\\_and\\_Cooling/History\\_of\\_Radiant\\_Heating\\_and\\_Cooling\\_Part\\_1.pdf](http://www.healthyheating.com/History_of_Radiant_Heating_and_Cooling/History_of_Radiant_Heating_and_Cooling_Part_1.pdf)

ENERGIAMARKKINAVIRASTO 2013. Sähkön siirtohintatariffien kehitys 2000 – 2013. Helsinki: Energiamarkkinavirasto. [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-04-11]. Saatavissa:

[http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahkon\\_siirtohintatariffienkehitys2013.pdf/49f73b2d-f227-473f-b510-fb77a76f18e4](http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahkon_siirtohintatariffienkehitys2013.pdf/49f73b2d-f227-473f-b510-fb77a76f18e4)

ENSTO 2009. Sähkölämmitysratkaisut. [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-04-11]. Saatavissa:

[http://www.ensto.com/www/library/attachments/pdf/5tnv3sho0/Ensto.Downloads.SubCategoryFile\\_4/Files/CurrentFile/Sahkolammitysratkaisut.pdf](http://www.ensto.com/www/library/attachments/pdf/5tnv3sho0/Ensto.Downloads.SubCategoryFile_4/Files/CurrentFile/Sahkolammitysratkaisut.pdf)

HARJU, Pertti 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. 4.painos. Anjalankoski: Penan Tieto-Opus Ky.

KUOPION ENERGIA LIIKELAITOS 2014. Sähkönmyyntihinnat 1.5.2014 alkaen. [yrityksen www-sivu] [viitattu 2014-04-06]. Saatavissa:

[http://www.kuopionenergia.fi/sahkokauppa/sahkohinnastot/myynti\\_1.1.2013](http://www.kuopionenergia.fi/sahkokauppa/sahkohinnastot/myynti_1.1.2013)

KÄHRS FINLAND OY 2008. Aluslattiaa koskevat vaatimukset ja lattialämmitys. [verkkojulkaisu].

Saatavissa: [http://www.kahrs.com/Documents/FI/Kahrs\\_Subfloors\\_UnderfloorHeating\\_FI.pdf](http://www.kahrs.com/Documents/FI/Kahrs_Subfloors_UnderfloorHeating_FI.pdf)

LAININEN, Heikki 2003a. Sähkölämmitys osa 1. Opetusmateriaali. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

LAININEN, Heikki 2003b. Sähkölämmitys osa 2. Opetusmateriaali. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

SÄHKÖLÄMMITYSFOORUMI RY. Opas sähkölämmityksen valintaan. Espoo: Sähköinfo. Saatavissa:

<http://www.lamminkoti.fi/doc/Sahkolammitysopas.pdf>

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2012. Industrial Heat-Tracing Catalogue. Products and Project services. [tuotekatalogi] [viitattu 2014-05-08]. Pentair Thermal Management.

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013a. Yrityksen tiedot [yrityksen verkkosivu] [viitattu 2014-04-11]. Saatavissa: <http://www.pentairthermal.fi/about-us/index.aspx>

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013b. Tuotemerkit [yrityksen verkkosivu] [viitattu 2014-04-11]. Saatavissa: <http://www.pentairthermal.fi/about-us/brands/>

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013c. Raychem Certified PRO-koulutus. [PowerPoint-esitys] [viitattu 2014-04-12]. Pentair Thermal Management.

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013d. Lattialämmitys T2Red/T2Reflecta. [verkkojulkaisu]. Saatavissa: [http://www.pentairthermal.fi/Images/FI-RaychemRedReflecta-SB-CDE1261\\_tcm488-36106.pdf](http://www.pentairthermal.fi/Images/FI-RaychemRedReflecta-SB-CDE1261_tcm488-36106.pdf)

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013e. Lämpökaapelit 2013. [tuotekatalogi] [viitattu 2014-04-27]. Pentair Thermal Management.

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013f. Sähkösaatot ja niiden asentaminen. [PowerPoint-esitys] [viitattu 2014-04-27]. Pentair Thermal Management.

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013g. Raychem HWAT-ECO Electronic Controller. [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-04-15]. Saatavissa: [http://www.pentairthermal.com/Images/EN-RaychemHWATECOcontroller-DS-H57339\\_tcm432-26306.pdf](http://www.pentairthermal.com/Images/EN-RaychemHWATECOcontroller-DS-H57339_tcm432-26306.pdf)

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2013h. Lämpimän käyttöveden saattolämmitys. [PowerPoint-esitys] [viitattu 2014-04-16]. Pentair Thermal Management.

PENTAIR THERMAL MANAGEMENT 2014. Lämpökaapelitietoutta isännöitsijöille. [PowerPoint-esitys] [viitattu 2014-04-13]. Pentair Thermal Management.

ROUVALI, Juhani 2014. Sähkön kokonaishinnat 15.10.2003 alkaen. Opetusmateriaali. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu.

SAASTAMOINEN, Arto ja KAUPPILA, Jenna 2013. Sähköasennukset 2. 3., uusittu painos. Espoo: Sähköinfo.

SFS 6000-61 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 61 Käyttöönottotarkastus. 1. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS 6000-7-753 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-753 Erikoistilojen ja – asennusten vaatimukset. Lämmitysjärjestelmät. 1. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SISÄILMAYHDISTYS RY 2008. Sisäilmaoireet. Sisäilman aiheuttamia terveysvaikutuksia. [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-04-11]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/terveysvaikutukset/sisailmaoireet/>

ST 55.01. 2008. Sähkölämmityksen mitoitus. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 55.11. 2005. Matalaenergiapientalon lattialämmitys. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 55.16. 2006. Rakennuksissa käytettävät lämmityskaapelit. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-OHJEISTO 11. 2007. Teollisuuden lämmityskaapelit. Suunnittelu ja asennus. Espoo: Sähköinfo Oy

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA C3 2010. Rakennusten lämmöneristys. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010\\_suomi\\_221208.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf)

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA C4 2003. Lämmöneristys. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D2 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf)

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D3 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf)

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>

THERMOTECH SCANDINAVIA FINLAND OY 2012. Lattialämmityksen historia. [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-04-13]. Saatavissa: <http://www.thermotech.se/thermofloorlattialammitys/lattialammityksesta/lattialammituksen%20historia.4.73b132e011db37f35688000475.html>

## LIITE 1: RAYCHEMIN KAAPELITYYPPIEN VERTAILUA

Kaaelin tyyppi Snro.	Lämpimän käyttöveden saattolämmitys				Putkien sulanapito				Räystäskourujen ja sadevesij. sulanapito				Ulkoaluiden sulanapito			
	HWAT-L 0431060	HWAT-M 0431058	HWAT-R 0431057	ETL 0430955	FSA-2X 0431050	FSB-2X 0431080	FSC-2X 0431081	GM-2X 0431078	8BT/2-CT 0431180	FroStop-Black 0431118	EM2-XR 0431076	EM2-R 0431075	EM2-MI			
Väri	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC
Nimellisuovutus- teho	7 W/m lämpötilassa 45°C	9 W/m lämpötilassa 55°C	12 W/m lämpötilassa 70°C	10 W/m lämpötilassa 5°C	10 W/m lämpötilassa 5°C	26 W/m lämpötilassa 5°C	31 W/m lämpötilassa 5°C	36 W/m jäätessä ja 18 W/m lämpötilassa 0°C ja 36 W/m lämpötilassa 0°C	18 W/m lämpötilassa 0°C ja 36 W/m O-astoisessa jäätessä	28 W/m jaassa ja 16 W/m ilman lämpötilassa 0°C	300 W/m² (90 W/m) lämpötilassa 0°C betonissa	300 W/m² (70 W/m) lämpötilassa 0°C betonissa	300 W/m² (70 W/m) lämpötilassa 0°C betonissa	300 W/m² (70 W/m) lämpötilassa 0°C betonissa	300 W/m² (70 W/m) lämpötilassa 0°C betonissa	300 W/m² (70 W/m) lämpötilassa 0°C betonissa
C-tyypin johdonsuojakatkaisija	maks. 20 A	maks. 20 A	maks. 20 A	maks. 10 A	maks. 16 A	maks. 16 A	maks. 16 A	maks. 20 A	maks. 20 A	maks. 16 A	maks. 50 A	maks. 32 A	Tapauskohtainen	Tapauskohtainen	Tapauskohtainen	Tapauskohtainen
Piirin enimmäispituus	180 m	100 m	100 m	60/100 m	150 m	105 m	90 m	80 m	80 m	80 m	85 m	75 m	35 mm	35 mm	35 mm	35 mm
Pienin taivutussäde	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	12,7 mm (lämpötilassa 20°C)	10 mm	50 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Maks. ympäristö- lämpötila jännitteenä	65°C	65°C	80°C	50°C	65°C	65°C	95°C	65°C	65°C	65°C	100°C	90°C	90°C	90°C	90°C	90°C
Maks. ympäristö- lämpötila jännitteenä hetkellisesti	85°C	85°C	90°C	65°C	85°C	85°C	95°C	85°C	85°C	85°C	110°C	110°C	250°C	250°C	250°C	250°C
Mitat mm (L x K)	13,8 x 6,8	13,7 x 7,6	16,1 x 6,7	5,8 x 8,5	13,7 x 6,2	13,7 x 6,2	12,7 x 5,3	13,7 x 6,2	15,4 x 5,5	5,5 x 10,5	18,9 x 9,5	11,8 x 4,5	min 4,8; maks. 6,3	11,8 x 4,5	11,8 x 4,5	11,8 x 4,5
Paino	0,12 kg/m	0,12 kg/m	0,14 kg/m	0,10 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m	0,15 kg/m	0,13 kg/m	0,27 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m	0,13 kg/m
Hyväksynnät	BS / ÖVE / VDE / SEV / CSTB / SVGW / DVGW / CE															
Ohjausyksiköt	OWT-04	HWAT-ECO	HWAT-ECO	AT-TS-13 AT-TS-14	RAYSTAT- CONTROL RAYSTAT-ECO	RAYSTAT- CONTROL RAYSTAT-ECO	RAYSTAT- CONTROL	EMDR-10 HTSD	-	EMDR-10 HTSD	VIA-DU-20	VIA-DU-20	VIA-DU-20	VIA-DU-20	VIA-DU-20	VIA-DU-20
Litännät																
Jakorasia	-	-	-	JB16-02	-	-	JB16-02	-	JB16-02	JB16-02	VIA-JB2	VIA-JB2	VIA-JB2	VIA-JB2	VIA-JB2	VIA-JB2
Kytkenärsä	RayClick	RayClick	RayClick	KLP/JLP	RayClick	RayClick	CE20-01	RayClick	CE25-21	CE20-01	VIA-CE1	CCE-03-CR	Tehdasasennettu	CCE-03-CR	CCE-03-CR	CCE-03-CR
Kannatin	sisältyy sarjaan	sisältyy sarjaan	sisältyy sarjaan	JB-SB-08	sisältyy sarjaan	sisältyy sarjaan	JB-SB-08	sisältyy sarjaan	-	-	-	-	-	-	-	-



## LIITE 2: PIKAVALINTAOPAS, LATTIALÄMMITYKSET (2)

# Raychem PIKAVALINTAOPAS, LATTIALÄMMITYKSET

## T2BLUE-10

- Saneerauskohteet, passiivitalot jne.
- 10 W/m
- Pyöreä Ø 5,5 mm
- Rakennekorkeus 10–20 mm
- 230 V



### T2Blue-10 Pakkaus ei sisällä termostaattia

SNRO	PITUUS	TEHO (W)	PINTA-ALA 100 W/M <sup>2</sup>
81 714 72	20 m	200 W	2,0 m <sup>2</sup>
81 714 73	30 m	305 W	3,0 m <sup>2</sup>
81 714 74	40 m	400 W	4,0 m <sup>2</sup>
81 714 75	50 m	505 W	5,0 m <sup>2</sup>
81 714 76	60 m	605 W	6,0 m <sup>2</sup>
81 714 77	70 m	700 W	7,0 m <sup>2</sup>
81 714 78	80 m	805 W	8,0 m <sup>2</sup>
81 714 79	90 m	890 W	9,0 m <sup>2</sup>
81 714 81	101 m	1010 W	10,0 m <sup>2</sup>
81 714 83	121 m	1215 W	12,0 m <sup>2</sup>
81 714 85	142 m	1420 W	14,2 m <sup>2</sup>
81 714 87	160 m	1600 W	16,0 m <sup>2</sup>
81 714 89	180 m	1800 W	18,0 m <sup>2</sup>
81 714 91	200 m	2000 W	20,0 m <sup>2</sup>
81 690 08	Korjauspakkaus T2Blue/T2QuickNet /CeraPro lämpö/lämpö tai lämpö/kylmä		

## T2QUICKNET-90

- Saneerauksiin, joissa on vähän korotusvaraa
- 90 W/m<sup>2</sup>
- Extra strong-liima
- Pyöreä Ø 3 mm
- Rakennekorkeus 3–5 mm
- 230 V



### T2QuickNet-90 Pakkaus ei sisällä termostaattia

SNRO	MATON KOKO	TEHO (W)	PINTA-ALA (M <sup>2</sup> )
81 710 51	0,5x2 m	90 W	1,0 m <sup>2</sup>
81 710 52	0,5x3 m	135 W	1,5 m <sup>2</sup>
81 710 53	0,5x4 m	180 W	2,0 m <sup>2</sup>
81 710 54	0,5x5 m	225 W	2,5 m <sup>2</sup>
81 710 55	0,5x6 m	275 W	3,0 m <sup>2</sup>
81 710 56	0,5x7 m	320 W	3,5 m <sup>2</sup>
81 710 57	0,5x8 m	360 W	4,0 m <sup>2</sup>
81 710 58	0,5x9 m	410 W	4,5 m <sup>2</sup>
81 710 59	0,5x10 m	455 W	5,0 m <sup>2</sup>
81 710 60	0,5x12 m	545 W	6,0 m <sup>2</sup>
81 710 61	0,5x14 m	630 W	7,0 m <sup>2</sup>
81 710 62	0,5x16 m	725 W	8,0 m <sup>2</sup>
81 710 63	0,5x18 m	800 W	9,0 m <sup>2</sup>
81 710 70	0,5x20 m	915 W	10,0 m <sup>2</sup>
81 710 72	0,5x24 m	1100 W	12,0 m <sup>2</sup>
81 690 08	Korjauspakkaus T2QuickNet/T2Blue/CeraPro lämpö/lämpö tai lämpö/kylmä		

## T2BLUE-20

- Paksumpaan valuun
- 20 W/m
- Pyöreä Ø 5,5 mm
- Rakennekorkeus 30–50 mm
- 230 V



### T2Blue-20 Pakkaus ei sisällä termostaattia

SNRO	PITUUS	TEHO (W)	PINTA-ALA 100 W/M <sup>2</sup>
81 714 55	11 m	220 W	2,2 m <sup>2</sup>
81 714 56	14 m	285 W	2,9 m <sup>2</sup>
81 714 57	18 m	360 W	3,6 m <sup>2</sup>
81 714 58	21 m	435 W	4,4 m <sup>2</sup>
81 714 59	28 m	575 W	5,8 m <sup>2</sup>
81 714 60	35 m	720 W	7,2 m <sup>2</sup>
81 714 61	43 m	845 W	8,5 m <sup>2</sup>
81 714 62	50 m	980 W	9,8 m <sup>2</sup>
81 714 63	57 m	1130 W	11,3 m <sup>2</sup>
81 714 64	63 m	1270 W	12,7 m <sup>2</sup>
81 714 65	71 m	1435 W	14,4 m <sup>2</sup>
81 714 66	86 m	1710 W	17,1 m <sup>2</sup>
81 714 67	101 m	2015 W	20,2 m <sup>2</sup>
81 714 68	115 m	2300 W	23,0 m <sup>2</sup>
81 690 08	Korjauspakkaus T2Blue/T2QuickNet/CeraPro lämpö/lämpö tai lämpö/kylmä		

## CERAPRO

- Saneerauksiin, joissa on vähän korotusvaraa
- 11 W/m
- Pyöreä Ø 3 mm
- Rakennekorkeus 3–5 mm
- Sis. kiinnitysjärjestelmän ja kelan.
- 230 V



### CeraPro

SNRO	PITUUS	TEHO (W)	PINTA-ALA (M <sup>2</sup> )
81 690 10	14 m	160 W	1,0 - 1,5
81 690 12	21 m	240 W	1,5 - 2,5
81 690 14	28 m	320 W	2,0 - 3,0
81 690 16	35 m	400 W	2,5 - 4,0
81 690 23	43 m	475 W	3,0 - 5,0
81 690 25	57 m	635 W	4,0 - 6,0
81 690 27	71 m	800 W	5,0 - 7,5
81 690 29	100 m	1140 W	7,5 - 11,0

## RAYCHEM -TC-NRG



Sähkönrö  
35 302 00

Lisätietoja termostaattista  
kääntöpuolella  
81 720 93 Anturiputki 2,5 m



## PIKAVALINTAOPAS, LATTIALÄMMITYKSET

### Isolecta eristelevy T2Blue-10, CeraPro tai T2QuickNet:lle

SNRO	NIMITYS	KUVAUS
81 713 20	Isolecta	Eristelevy (1180 x 600 x 10 mm). Sisältää 4 levyä: 2,85 m².
81 713 21	Isolecta Netband	Lasikuituverkkonauha joka peittää eristelevyjen saumat koko pituudelta. Huomi! Ainoastaan T2-Blue-kaapelille. Levyys 12,5 cm. Pituus 25 m.
81 713 22	Isolecta Washer	Aluslevy (rikka) ja ruuvit levyjen kiinnittämiseen puihin aluslattioihin. 8 kpl/levy. 100 kpl/pakkaus.
81 713 27	Isolecta Washer	Aluslevy (rikka) ja ruuvit levyjen kiinnittämiseen puihin aluslattioihin. 8 kpl/levy. 35 kpl/pakkaus.
81 713 26	Isolecta Fixing pin	Kiinnitysnaulat levyn kiinnittämiseen betonialustaan. Käytä 8 kpl/levy. 35 kpl/pakkaus.

### T2Red ja T2Reflecta Itsesäätävä lämmitysjärjestelmä

SNRO	NIMITYS	KUVAUS
04 308 60	T2Red	Itsesäätävä lämpökaapeli, 5-15 W/m
04 309 91	JLP	Jatkospakkaus syöttökaapeliin ja loppupäätte, ETL ja T2Red
04 309 90	T2KLP	Rasiaan kytkentä- ja loppupäättepakkaus, ETL ja T2Red
04 309 93	T2JATKO	Lämpökaapeli/lämpökaapeli jatko, ETL ja T2Red
81 713 03	T2Reflecta-pakkaus 3 m² (3,12 m²)	Eriste/alumiinilevy. (10 kpl T2Reflecta-levyjä sekä 6 kpl kääntölevyjä)
81 715 01	T2Reflecta-pakkaus 1 m² (0,944 m²)	Eriste/alumiinilevy. (3 kpl T2Reflecta-levyjä sekä 2 kpl kääntölevyjä)
81 713 06	T2Reflecta-kääntölevy	Kääntölevy, 6 kpl
81 713 09	T2Reflecta-liimaerä	T2Reflecta-liimaerän riittävyys: Kun liimataan levyt alustaan, noin 6-9 m². Kun liimataan sekä levyt alustaan että laatat pintaan, noin 3 m²
81 713 10	T2Reflecta-P-Fix	Tartuntaprimeri 5 kg/33 m² (menekki n. 150 g/m²)

### Termostaatit

SNRO	NIMITYS	KUVAUS
35 302 00	Raychem-TC-NRG	Digitaalinen perustermostaatti tai ajastintermostaatti lattialämmitykseen. Voidaan käyttää myös huonetermostaattina.
81 720 93	Anturiputki	Anturiputki 2,5 m
26 154 10	Hopeanvärinen	Raychem-TC-NRG- etulevy, Eljo
26 154 11	Hopeanvärinen	Raychem-TC-NRG- etulevy, Elko
26 154 19	Valkoinen	Raychem-TC-NRG-etulevy, Exxact
26 154 20	Antrasiitinharmaa	Raychem-TC-NRG-etulevy, Exxact
26 154 21	Metallisävytetty	Raychem-TC-NRG-etulevy, Exxact

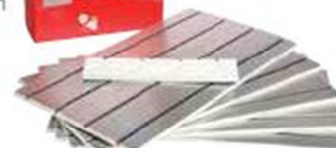
### ISOLECTA

- Jopa 65 %:n energian säästö lämpenemisen aikana.
- Jopa kolme kertaa nopeampi lämpeneminen.
- Jopa 20%:n energian säästö – pienentää lämpöhäviötä alaspäin.
- Ihanteellinen sanerauskohteissa.
- Alhainen rakennekorkeus – 10 mm.
- Kaikille joustamattomille alustoille.
- Helppo muotoilla esim. matto-puukolla.
- Tukeva ja kestävä kosteutta.
- **Takaisinmaksuaika 4-6 vuotta.**



### T2RED JA T2REFLECTA

- Säästää energiaa
- T2Reflecta lisaeristää
- Nopein asentaa
- Turvallinen käyttää kaikenlaisilla latioilla
- T2Red Ø 8,5 mm
- Rakennekorkeus: T2Reflecta 13 mm sis. T2Red lämpökaapelin
- 230 V
- **Takaisinmaksuaika 4-6 vuotta.**



### Sähkösuojaus T2Red

10A hidas sulake maks. 100 m

### RAYCHEM-TC-NRG

- Selkeä LCD-näyttö, näyttää lattialämmityksen päälläolon
- Betonin kuivatustoiminto
- Haluttaessa ohjelmoitava termostaatti, 2 esiasetettua ohjelmaa; EcoHome ja EcoOffice
- Jäykkä anturikaapeli
- Suuremmat liittimet ja selkeät merkinnät
- Säädettävä kytkentähystereesi 0,2-2,0 °C
- Raychem-TC-NRG-termostaattilla on 12 vuoden tuotetakuu

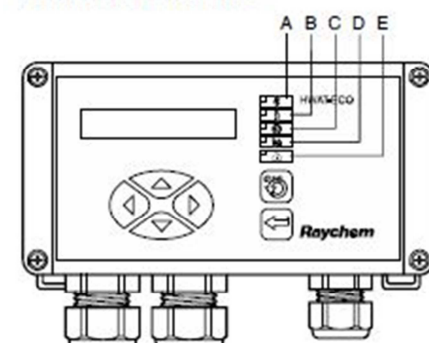




## LIITE 3: OHJAUSYKSIKÖ HWAT-ECO TEKNISET TIEDOT (2)

## HWAT-ECO Lämpötilan ohjausyksikkö

## Yksikön rakenne



- A Virta kytketty (vihreä LED)  
 B Virta kytketty lämmittimeen (vihreä LED)  
 C Legionellan ehkäisy (vihreä LED) - lämpökaapeli 100 %:n teholla – palovammojen vaara  
 D Ylläpitolämpötilaa alennettu kattilan lämpötilan laskun johdosta (vihreä LED) – kattilan lämpötila odotettua alhaisempi.  
 E Virhe (punainen LED)



Vaihda valikkovalintaa tai kohdistimen paikkaa

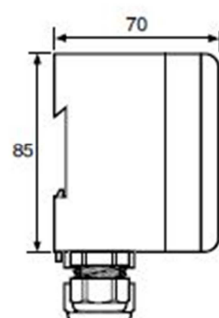
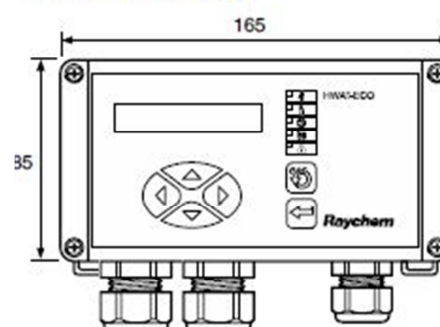


Escape, peruutus tai NO



Vahvista valinta, uusi arvo tai YES

## Tekniset tiedot



(Mitat mm)

Tuotteen kuvaus	HWAT-ECO
Käyttö	Vain lämpökaapeleille HWAT-L/R/M
Ylläpitolämpötila valittavissa	41–65 °C enintään 48 ajastinlohkoa / päivä
Käyttöjännite	230 VAC (+10 %, –10 %), 50 Hz
Kytkeväteho	20 A / 230 VAC
Sisäinen tehontarve	2,5 W
Johdonsuoja-katkaisija	Maks. 20 A, tyyppi C
Liitäntäkaapelin poikkipinta	1,5–4 mm <sup>2</sup> , kiinteä kytkentä
Lisäkaapelin poikkipinta	Enintään 16 AWG (1,3 mm <sup>2</sup> )
Paino	880 g
Kiinnitys	Seinäkiinnitys 2 ruuvilla tai DIN-kisko
Tiivistysholkit (läpiviennit)	2 x M20 ja 1 x PG13.5, jossa 3 tuloa 3–5 mm ulkoisille johtimille
Suojausluokka	IP 54
Ympäristön lämpötila	0–40 °C
Kotelon materiaali	ABS
Sisäinen lämpötilahälytys	85 °C
Pää-/lisäkaapeli	Kierretty parikaapeli, maks. 1,3 mm <sup>2</sup> poikkipinta ja eristys 500 V
Pää-/lisäkaapeli	Pääkaapeli valitaan yksiköstä, enintään 8 lisäkaapelia voidaan kytkeä
BMS-liitäntä	0–10 VDC
Hälytysreleen koskettimet	Maks. 24 VDC tai 24 VAC, 1 A potentiaalivapaa
Kuumavesisäiliön lämpötilan anturi	PTC KTY81-2.10
Tehon korjauskerroin	60–140 % (ylläpidetyn lämpötilan hienosäätö)
Kellon varmennusaika	8 tuntia ±10 %
Kellon tarkkuus	±10 minuuttia / vuosi
Tosiakakello	Automaattinen kesä-/talviajan vaihto ja karkausvuosikorjaus
Kestomuistiin tallennetut parametrit	Kaikki parametrit, paitsi päiväys ja kellonaika
Hyväksyntä	VDE normin EN 60730 mukaan
EMC	EN 50081-1/2 mukaan säteilyn ja EN2, EN 50082-1/2 mukaan immunitetin osalta



## Ohjelma

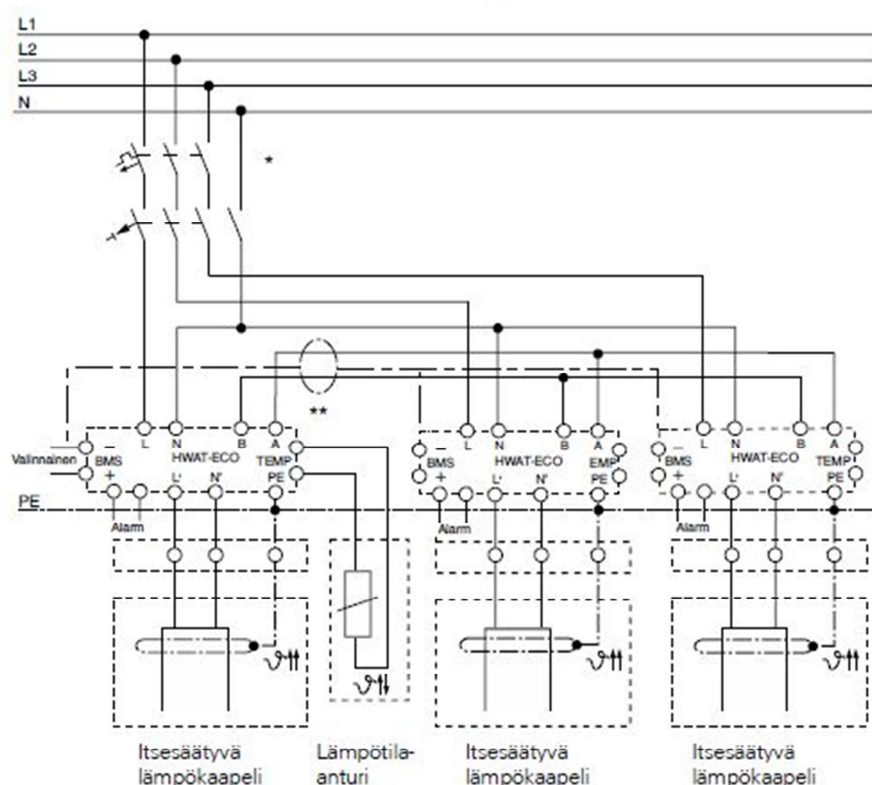
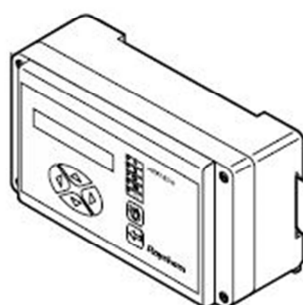
HWAT-ECO-ohjausyksikössä on 7 rakennuskohtaista aika/lämpötilaohjelmaa. Nämä ohjelmat perustuvat pitkään kokemukseemme optimaalisen mukavuuden ja energian säästön suhteen. Käyttäjakohtaisia muutoksia voidaan tehdä Edit timer -ohjelmalla.

Ohjelma	Rakennuksen tyyppi
Ohjelma 0	Muuttumaton lämpötila ( $\pm 55^{\circ}\text{C}$ )
Ohjelma 1	Asuinkerrostalo
Ohjelma 2	Vankila / parakit
Ohjelma 3	Sairaala
Ohjelma 4	Hotelli
Ohjelma 5	Urheilukeskus / uima-allas
Ohjelma 6	Konttori

Lisäksi voidaan luoda käyttäjakohtaisia ohjelmia

Lämpötila voi olla 1/2 tunnin jaksoissa joku seuraavista: POIS, säästö  $t^{\circ}$ , ylläpito  $t^{\circ}$  ja legionellan ehkäisy (100 % teho, palovammojen vaara)

## Kytkentäkaavio, lämpökaapelit HWAT-L / HWAT-R / HWAT-M ja lämpötilan ohjausyksikkö HWAT-ECO



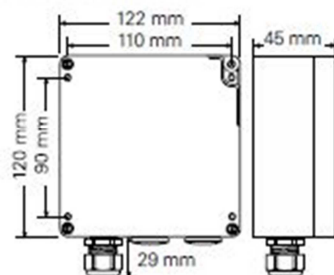
\* Paikalliset arvot, standardit ja säännöt voivat vaatia kaksi- tai nelinapaisen kytkennän suojausta johdonsuoja-katkaisijalla.

\*\* Suojatun RS485-verkkokaapelin maa johdin pitää kytkeä kaikkien HWAT-ECO-ohjausyksiköiden BMS (miinus) -liittimeen isäntä-/palvelinverkoissa.

## LIITE 4: KAKSOISTERMOSTAATTI HTS-D TEKNISET TIEDOT

## Termostaatti HTS-D

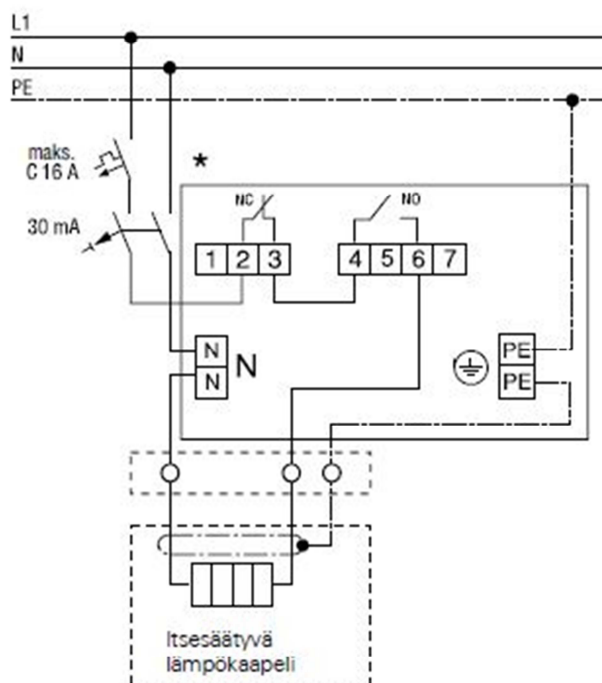
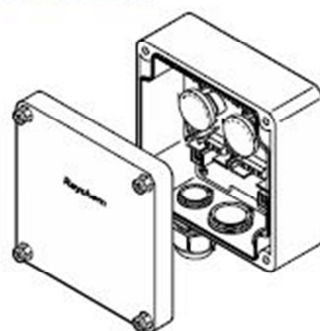
## Tekniset tiedot



Lämpötilan säätöalue	-15 – +15 °C
Syöttöjännite	230 VAC, 50 Hz
Koskettimet	potentiaalivapaat
Ympäristön maks. lämpötila	50 °C
Kytkenäyhystereesi	1–3 K
Lämpötilan asetus	kotelon kannen alla
Kotelointiluokka	IP 65
Anturi	Kaksoismetalli

## Kytkenäkaavio HTS-D

## HTS-D suoraan

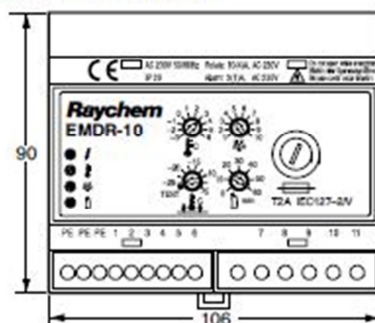


\* Paikalliset arvot, standardit ja säännöt voivat vaatia kaksi- tai nelinapaisen kytkennän suojausta johdonsuoja-katkaisijalla.

## LIITE 5: OHJAUSYKSIKKÖ EMDR-10 TEKNISEET TIEDOT (2)

## Lämpötilan ja kosteuden tunnistava ohjausyksikkö EMDR-10

## Tekniset tiedot



(Mitat mm)

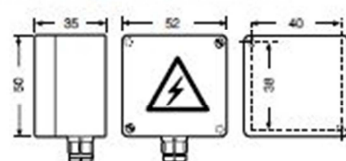
Käyttöjännite	230 VAC, $\pm 10\%$ , 50Hz
Tehontarve	maks. 4 VA
Suurin kytkentävirta	$I_{\text{maks}} 10(4)A / 230 \text{ VAC}$ , SPST, potentiaali 230 VAC
Lämpötilan säätöalue	$-3 - +6^{\circ}\text{C}$ (tehdasasetus $+2^{\circ}\text{C}$ )
Lämpötilan alaraja	$-25 - -5^{\circ}\text{C}$ (tehdasasetus $-15^{\circ}\text{C}$ )
Toimintaero	$\pm 0,5 \text{ K}$
Mittaustarkkuus	$\pm 1,5 \text{ K}$
Kosteusherkkyden säätöalue	1 (pienin herkkyys) – 10 (suurin herkkyys) (tehdasasetus 5)
Lyhimmän lämmitysajan säätöalue	0–60 minuuttia (tehdasasetus 60 min)
Hälytysrele	$I_{\text{maks}} 2(1)A / 230 \text{ VAC}$ , SPDT, potentiaalivapaa
Kosteusanturi (lähtö)	$I_{\text{maks}} 1A / 230 \text{ VAC}$ , SPST potentiaali 230 VAC varokkeella $5 \times 20 \text{ mm}$ T1A IEC 127-2/V:n mukaan
Kiinnitys	DIN-kisko EN 50022-35 mukaan
Kotelon materiaali	Noryl (itsestään sammuva UL 94 V-0:n mukaan)
Pienjännitedirektiivi	EN 60730
EMC	EN 50081-1 (säteily) ja EN 50082-1 (immunitaetti)
Liittimet	$2,5 \text{ mm}^2$ (säikeelliset johtimet), $4 \text{ mm}^2$ (säikeettömät johtimet)
Jälkilämmitys aika	0–60 min
Suojausluokka	I (paneeliasennus)

## Kotelo

Ulkolämpötila-alue*	$0 - 50^{\circ}\text{C}$
Kotelointiluokka	IP20
Paino	Noin 350 g
Mitat	$106 \times 90 \times 58 \text{ mm}$

\* Jatkuva toiminta pitää varmistaa ja laite pitää suojata kosteudelta.

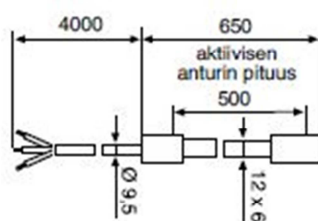
## Ulkolämpötilan anturi



PG9 (Mitat mm)

Anturin tyyppi	PTC (FL 103)
Kotelointiluokka	IP54
Liittimet	$2,5 \text{ mm}^2$
Anturikaapeli	$2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ , maks. 100 m (ei mukana)
Altistumislämpötila	$-30 - +80^{\circ}\text{C}$
Asennus	Seinäasennus

## Kosteusanturi (HARD-45)

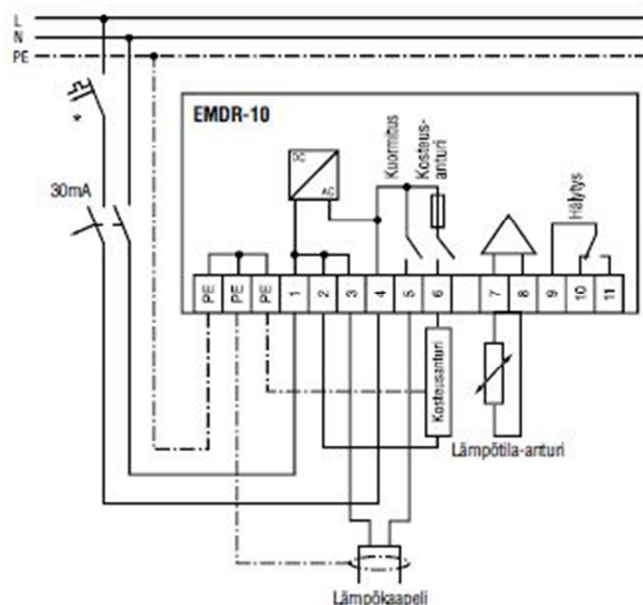
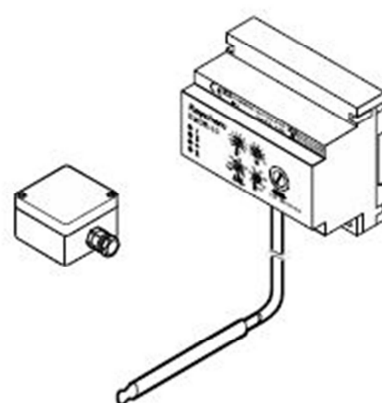


(Mitat mm)

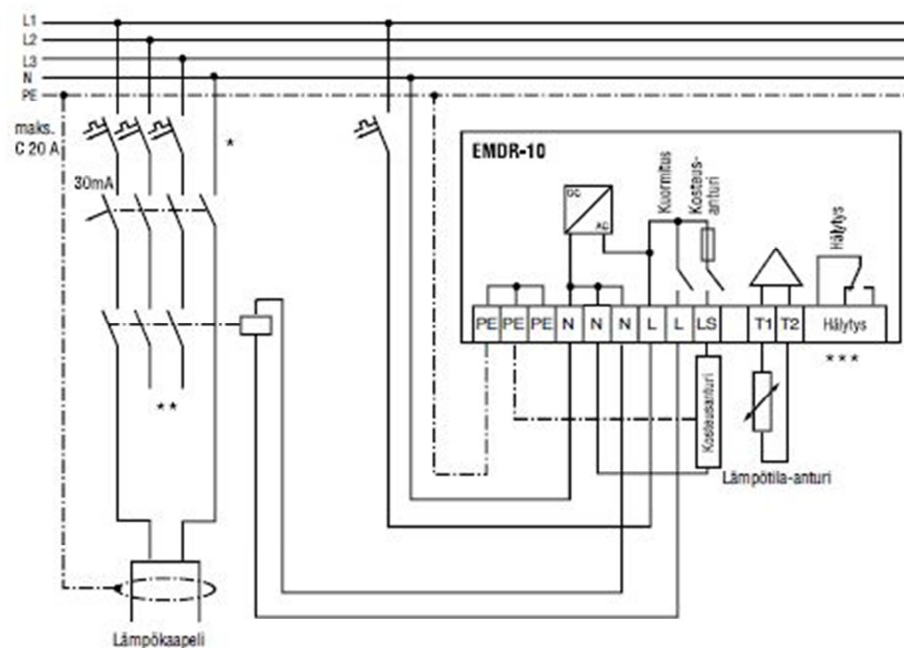
Anturin tyyppi	PTC
Tehontarve	9 - 18 W
Ulkolämpötila-alue	$-30 - +65^{\circ}\text{C}$ jatkuva
Syöttöjännite	230 VAC, $\pm 10\%$ , 50 Hz
Liitäntäkaapeli	$3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ , 4 m
Liitäntäkaapelia voi jatkaa 100 m saakka, kun käytetään johtimien poikkipintaa $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ .	

## Kytkenäkaavio EMDR-10

## EMDR-10 ilman kontaktoria



## EMDR-10 kontaktorilla



\* Paikalliset arvot, standardit ja säännöt voivat vaatia kaksi- tai nelinapaisen kytkennän suojausta johdonsuoja-katkaisijalla.

\*\* Käyttökohteesta riippuen voidaan käyttää yksi- tai kolmenapaisia kontaktoreita.

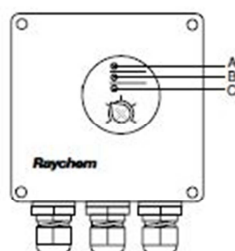
\*\*\* Lisävaruste: Potentialivapaa johdonsuoja-katkaisija BMS:n liitännään.



## LIITE 6: TERMOSTAATIT AT-TS-13 JA AT-TS-14 TEKNISET TIEDOT (2)

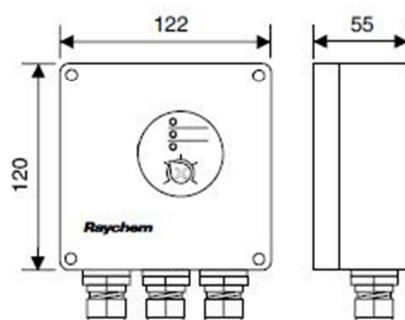
## Putkea valvova säätö- tai ympäristötermostaatti AT-TS-13 tai AT-TS-14

## Merkkivalot



<b>A</b>	Vihreä LED lämmitys	Kaapeli päällä
<b>B</b>	Punainen LED	Anturikatkos
<b>C</b>	Punainen LED	Anturin oikosulku

## Tekniset tiedot



Syöttöjännite	230 VAC +10–15 %, 50/60 Hz
Hyväksyntä	CE
Suurin kytkentävirta	16 A, 250 VAC
Suurin johtimen poikkipinta	2,5 mm <sup>2</sup>
Kytkehtähystereesi	0,6 - 1 K
Kytkehtätarkkuus	AT-TS-13 ± 1 K lämpötilassa 5 °C (kalibrointipiste)
	AT-TS-14 ± 2 K lämpötilassa 60 °C (kalibrointipiste)
Kytkehtimen tyyppi	SPST (normaalisti auki)
Säädettävä lämpötila-alue	AT-TS-13 -5 – +15 °C
	AT-TS-14 0 – 120 °C

## Kotelo

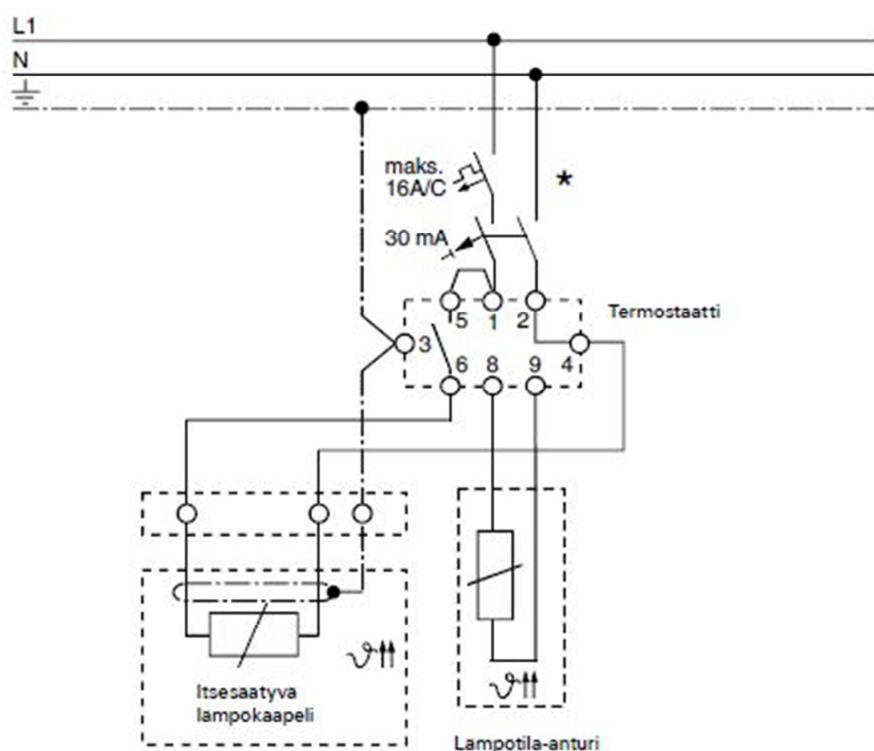
Lämpötilan asetus	Sisällä
Altistumislämpötila	-20 – +50 °C
Kotelointiluokka	IP65 normin EN 60529 mukaan
Läpiviennit	1 x M20 liitäntäkaapelille (Ø 8–13 mm)
	1 x M25 lämpökaapelin liitäntään (Ø 11–17 mm)
	1 x M16 anturille
Paino (ilman anturia)	n. 440 g
Materiaali	ABS
Kannen kiinnitys	Niklatut pikaruuvit
Kiinnitys	Seinään tai kannatimelle SB-110/SB-111

## Lämpötila-anturi (HARD-69)

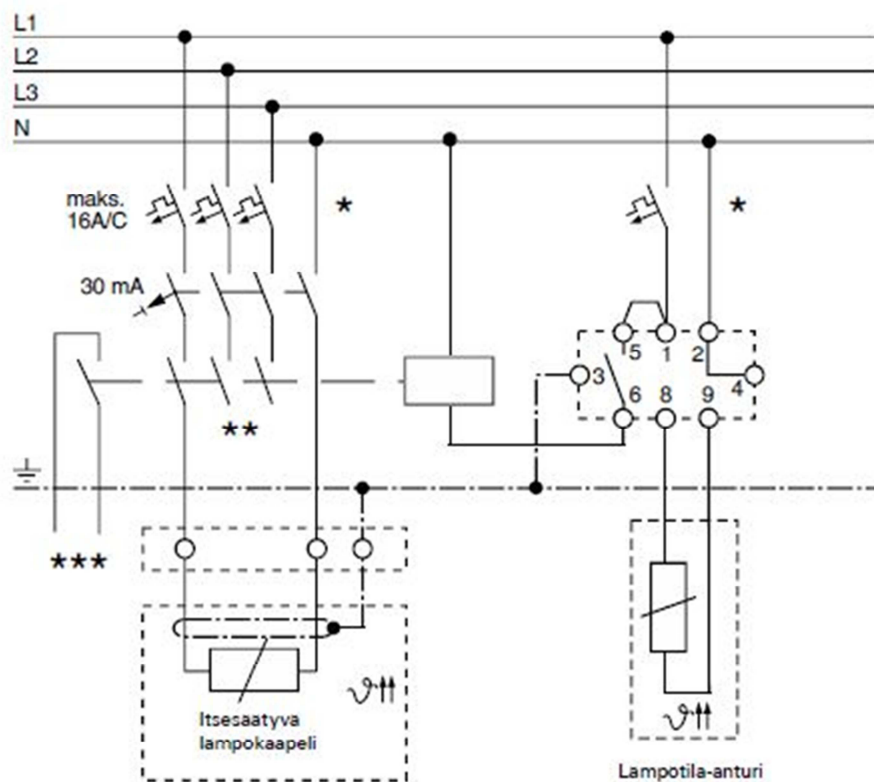
Tyyppi	PTC KTY 83-110
Anturikaapelin pituus	3 m
Anturikaapelin halkaisija	5,5 mm
Ilmaispään halkaisija	6,5 mm
Anturikaapelin suurin altistumislämpötila	160 °C
Anturikaapelia voi jatkaa 100 m:iin saakka kaapelilla, jonka johtimen poikkipinta on 1,5 mm <sup>2</sup> .	
Anturikaapeli pitää suojata, jos se asennetaan kaapelikouruun tai suurjännitekaapelien lähelle.	

## Kytkenäkaavio, termostaatti AT-TS-13 tai AT-TS-14

## AT-TS-13/14 suoraan



## AT-TS-13/14 kontaktorilla



\* Paikalliset arvot, standardit ja säännöt voivat vaatia kaksi- tai nelinapaisen kytkennän suojausta johdonsuoja-katkaisijalla.

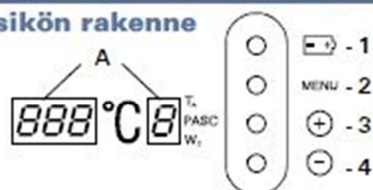
\*\* Käyttökohteesta riippuen voidaan käyttää yksi- tai kolmennapaisia johdonsuoja-katkaisijoita tai kontaktoreita.

\*\*\* **Lisävaruste:** Potentiaalivapaa johdonsuoja-katkaisija BMS:n liitäntään

## LIITE 7: TERMOSTAATTI RAYSTAT-ECO-10 TEKNISET TIEDOT (2)

## Energiaa säästävä sulanapitosäädin RAYSTAT-ECO-10

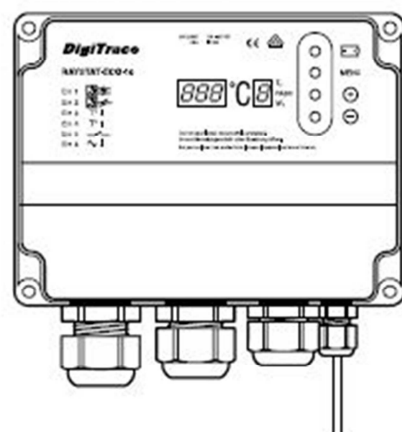
## Yksikön rakenne



## A. LED-näyttö (parametrien ja virheiden näyttö)

1. Akun aktivointi
2. Parametrien valinta
3. Arvon lisäys
4. Arvon pienentäminen

## Tekniset tiedot



Käyttöjännite	230 VAC, +10 %/-10 %, 50/60 Hz
Tehontarve	≤ 14 VA
Päärele (lämmitys)	I <sub>maks</sub> 25 A, 250 VAC, SPST
Pääliittimet	3 x 0,75 – 4 mm <sup>2</sup>
Hälytysrele	I <sub>maks</sub> 2 A, 250 VAC, SPDT, potentiaalivapaa
Hälytinsiirtimet	(3 + 1) x 0,75 – 2,5 mm <sup>2</sup>
Tarkkuus	±0,5 K lämpötilassa 5 °C

## Tärkeimmät parametriasetukset

Energiansäästöalgoritmi	Proportional Ambient Sensing Control (PASC), aktiivinen asetuspisteen alapuolella
Lämpötilan asetuspiste	0 – 30 °C (katkaisulämpötila)
Alin odotettu ympäristön lämpötila	-30 – 0 °C (lämmitys 100 % teholla)
Lämmittimen toiminta, jos anturivirhe	Päällä (100 %) tai Pois
Potentiaalivapaa toiminta	Kyllä tai Ei

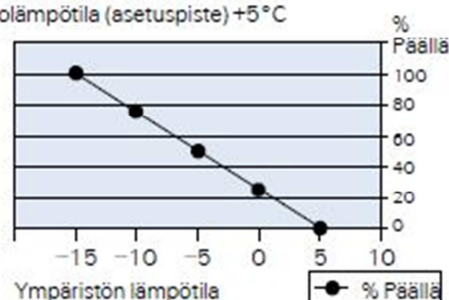
## Energian säästö ympäristön lämpötilan huomioivalla säätimellä (PASC)

Toimintajakso (lämmitin kytketty) riippuu ympäristön lämpötilasta.

Esimerkki: Jos alin lämpötila = -15 °C ja ylläpitolämpötila (asetuspiste) +5 °C

Ympäristön t°	% Päällä	
-15	100	Alin ympäristö
-10	75	
-5	50	
0	25	
5	0	Asetuspiste

Tulos: Ympäristön lämpötilassa -5 °C säästyy 50 % energiaa



## Diagnosoidut hälytykset

Anturivirheet	Anturin oikosulku / anturin katkos
Alhainen lämpötila	Alin odotettu ympäristön lämpötila saavutettu
Jännitevirheet	Alhainen jännite / lähtöjännitevika
Parametrit voidaan ohjelmoida ilman virtälähdettä ja ne tallennetaan kestoastiin.	

## Kotelo

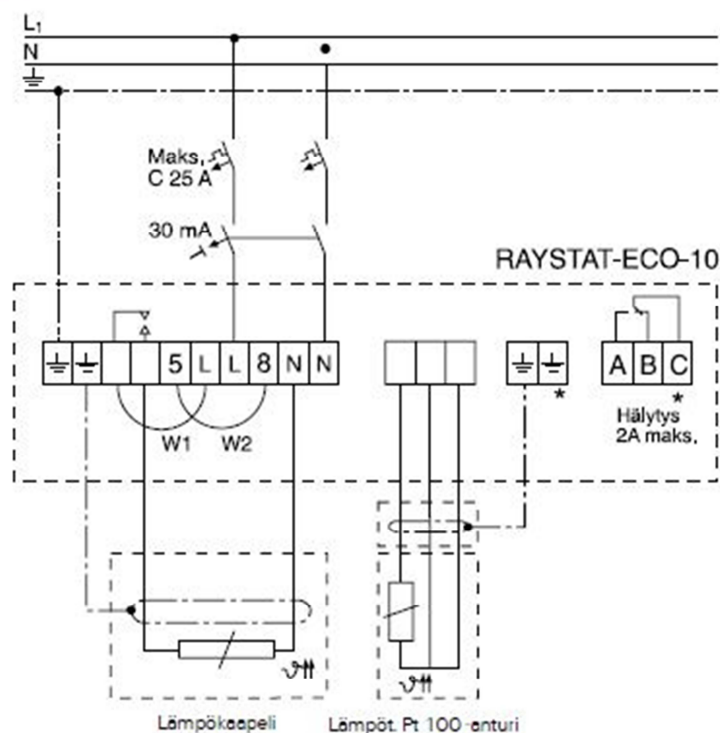
Koko	120 mm x 160 mm x 90 mm
Materiaali	Harmaa polykarbonaatti
Altistumislämpötila	-40 – +80 °C
Kotelointiluokka	IP 65
Läpiviennit	2 x M25, 1 x M20, 1 x M16
Paino	Noin 800 g
Kansi	Läpinäkyvä, 4 kiinnitysruvia
Kiinnitys	Seinään tai kannatimelle SB-100/SB-101

## Lämpötila-anturi

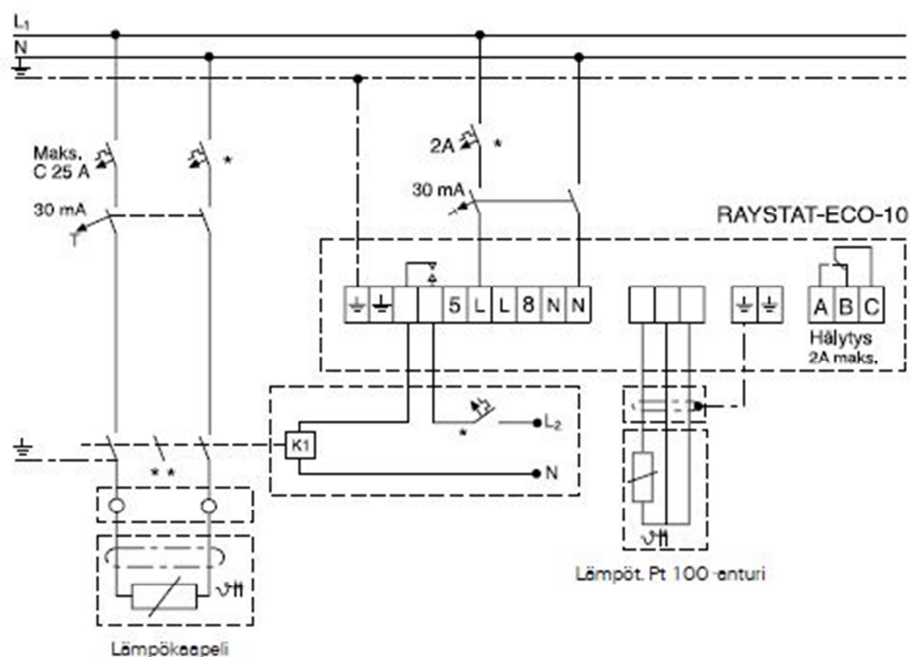
Anturin tyyppi	3-johtiminen Pt100, IEC luokan B mukaan
Ilmaisinpää	Ø 6 mm
Anturikaapelia voi jatkaa 150 m saakka, kun käytetään johtimen poikkipintaa 3 x 1,5 mm <sup>2</sup> . Anturikaapeli pitää suojata, jos se vedetään kaapelikouruun tai suurjännitekaapeliin lähelle.	

## Kytentäkaavio, RAYSTAT-ECO-10

## Normaali toiminta



## Potentialilivapaa toiminta: Irrota siltaukset W1 ja W2.



\* Paikalliset arvot, standardit ja säännöt voivat vaatia kaksi- tai nelinapaisen kytkennän suojausta johdonsuoja-katkaisijalla.

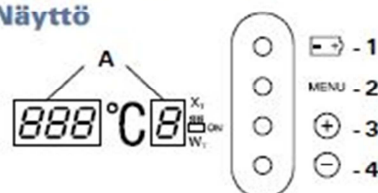
\*\* Käyttökohteesta riippuen voidaan käyttää yksi- tai kolmenapaisia kontaktoreita.



## LIITE 8: TERMOSTAATTI RAYSTAT-CONTROL-10 TEKNISET TIEDOT (2)

## Putkea valvova säätötermostaatti hälytysreleellä RAYSTAT-CONTROL-10

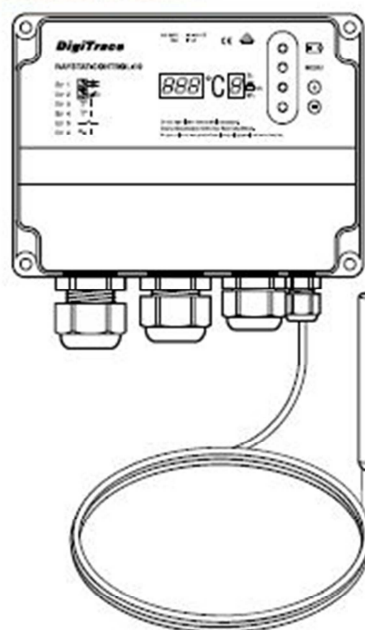
## Näyttö



## A. LED-näyttö (parametrien ja virheiden näyttö)

1. Akun aktivointi
2. Parametrien valinta
3. Arvon suurentaminen
4. Arvon pienentäminen

## Tekniset tiedot



Käyttöjännite	230 VAC, +10 %/-10 %, 50/60 Hz
Tehontarve	≤ 14 VA
Päärele (lämmitys)	I <sub>maks</sub> 25 A, 250 VAC, SPST
Pääliittimet	3 x 0,75-4 mm <sup>2</sup>
Hälytysrele	I <sub>maks</sub> 2 A, 250 VAC, SPDT, potentiaalivapaa
Hälytinsiirtimet	(3 + 1/2) x 0,75-2,5 mm <sup>2</sup>
Tarkkuus	±0,5 K lämpötilassa 5 °C
Ympäristön lämpötila	-40 - +40 °C

## Parametriasetukset

Lämpötilan asetus	0-150 °C
Hystereesi	1-5 K
Alhaisen lämpötilan hälytys	-40 - +148 °C
Korkean lämpötilan hälytys	+2-150 °C tai virran katkaisu
Lämmittimen toiminta, jos anturivirhe	Päällä tai Pois
Potentiaalivapaa toiminta	Kyllä tai Ei

## Diagnosoidut virheet

Anturivirheet	Anturin oikosulku / anturin katkos
Lämpötilan ääriarvot	Korkea lämpötila / matala lämpötila
Jännitevirheet	Alhainen jännite / lähdön vika

Parametrit voidaan ohjelmoida ilman virtalähdettä ja ne tallennetaan kesto-muistiin.

## Kotelo

Koko	120 mm x 160 mm x 90 mm
Materiaali	Harmaa polykarbonaatti
Kotelointiluokka	IP 65
Läpiviennit	2 x M25, 1 x M20, 1 x M16
Paino	Noin 800 g
Kansi	Läpinäkyvä, 4 kiinnitysruvia
Kiinnitys	Seinään tai kannatimelle SB-100/SB-101

## Lämpötila-anturi

Anturin tyyppi	3-johtiminen Pt100, IEC:n mukaan Luokka B
Ilmaispää	50 mm x Ø 6 mm
Anturikaapelin pituus	3 m x Ø 4 mm
Kaapelin altistumislämpötila	-40 - +150 °C (+2 15 °C, enintään 1000 h)

Anturikaapelia voi jatkaa 150 m saakka, kun käytetään johtimen poikkipintaa 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>. Anturikaapeli pitää suojata, jos se vedetään kaapelikouruun tai suurjännitekaapeliin lähelle.



## LIITE 9: PUTKEN ERISTEEN VALINTA

TAULUKKO 1. Lämpökaapelin valinta putken halkaisijan ja eristeen paksuuden perusteella, kun putki asennetaan maan alle.

**FrostGuard, ETL-10 ja FroStop Black Sulanapito -20°C:een saakka.**

Putken halkaisija											
Eristepaksuudet	mm	15	22	28	35	42	54	67	76	108	150
	tuumaa	1/2"	3/4"	1"	5/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
10 mm		ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black	Black	Black			
15 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black	Black	Black	
20 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black	Black
25 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black
30 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black
40 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black
50 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black

TAULUKKO 2. Lämpökaapelin valinta putken halkaisijan ja eristeen paksuuden perusteella, kun putki asennetaan maan päälle.

**FrostGuard, ETL-10 ja FroStop Black Sulanapito -40°C:een saakka.**

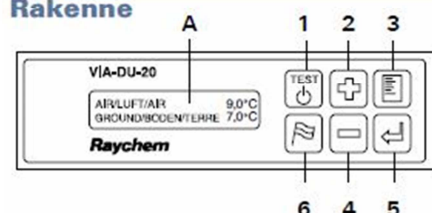
Putken halkaisija											
Eristepaksuudet	mm	15	22	28	35	42	54	67	76	108	150
	tuumaa	1/2"	3/4"	1"	5/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
10 mm		Black	Black	Black							
15 mm		ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black					
20 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black				
25 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black	Black			
30 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black	Black		
40 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black	
50 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	
60 mm		ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	ETL-10 FrostGuard	Black	Black	Black	Black



## LIITE 10: OHJAUSYKSIKÖ VIA-DU-20 TEKNISET TIEDOT (2)

## Ohjausyksikkö VIA-DU-20

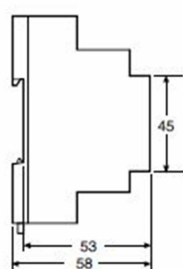
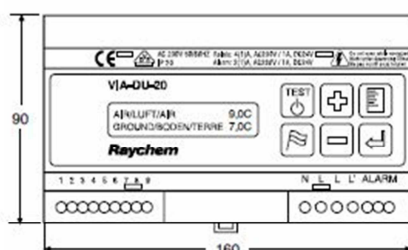
## Rakenne



## A. Näyttö, valaistu (parametrien ja virheiden näyttö)

1. Laitteen / kytkimen testaus lämmityslähdössä
2. Valitun arvon suurentaminen, asetusten muuttaminen (eteenpäin)
3. Valikon valinta
4. Kielen valinta
5. Valitun arvon pienentäminen, asetusten muuttaminen (taaksepäin)
6. Valitun arvon vahvistaminen, seuraavan arvon valinta ja vikaviesteihin vastaaminen

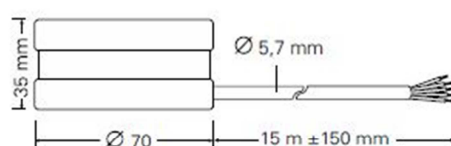
## Tekniset tiedot



(Mitat mm)

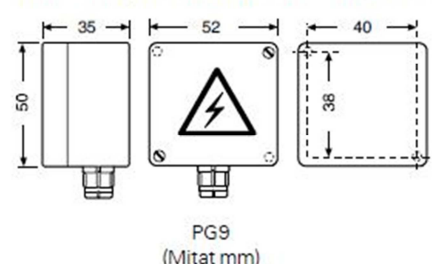
Käyttöjännite	230 VAC, $\pm 10\%$ , 50/60 Hz
Tehontarve	maks. 14 VA
Päärele (lämmitys)	$I_{maks}$ 4(1)A, 250 Vac SPST, potentiaalivapaa
Hälytysrele	$I_{maks}$ 2(1)A, 250 Vac SPDT, potentiaalivapaa
Kytkeentäarkkuus	$\pm 1$ K
Näyttö	Pistematriisi, 2 x 16 merkkiä
Asennus	DIN-kisko
Kotelon materiaali	Noryl
Liittimet	0,5–2,5 mm <sup>2</sup>
Suojausluokka	IP20/luokka II (paneeliasennus)
Paino	750 g
Lämpötilan kesto	0–50 °C
<b>Tärkeimmät parametrit</b>	
Lämpötila, jossa laite kytkeytyy päälle	1–6 °C
Kosteus, jossa laite kytkeytyy päälle	Pois, 1 (kosteus) – 10 (märkä)
Jälkilämmitysaika	30–120 min (lämmitys päällä)
Peruslämpötila	Pois, –15 – –1 °C
Jäätävän sateen varoitus	Paikallinen ilmaisu, sääpalvelu, pois
Kumoaminen	Pois, päällä, BMS
Kaikki parametrit säilyvät muistissa sähkökatkoksen ajan.	

## Maahan lämpötila- ja kosteusanturi VIA-DU-S20



Jännite	8 VDC (ohjausyksikön kautta)
Anturin tyyppi	PTC
Suojausluokka	IP65
Kaapelin halkaisija	5 x 0,5 mm <sup>2</sup> , Ø 5,7 mm
Kaapelin halkaisija	15 m, voidaan jatkaa 50 m saakka (5 x 1,5 mm <sup>2</sup> )
Lämpötilan kesto	–30 – +80 °C

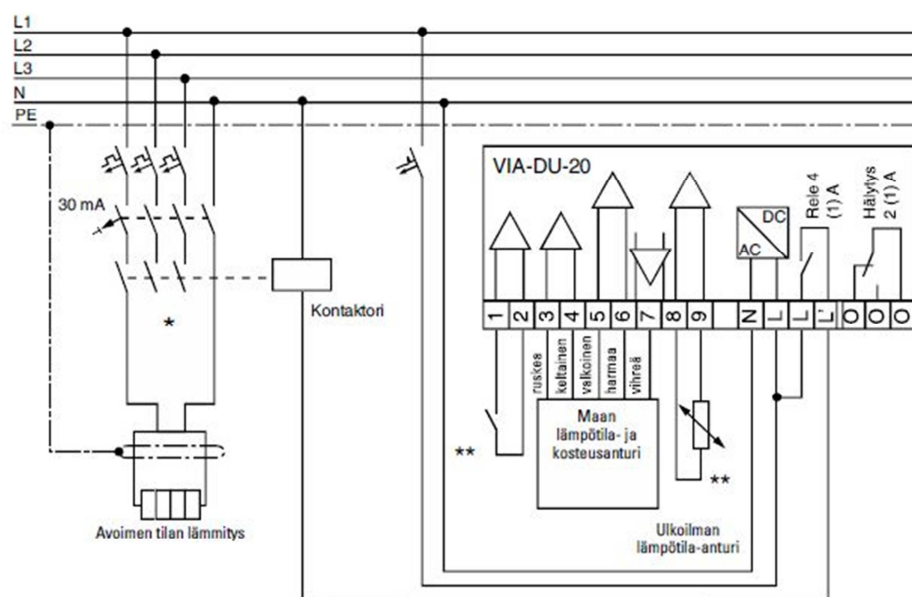
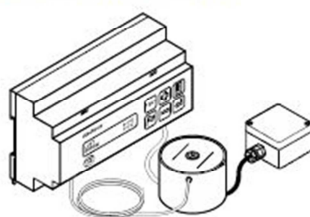
## Ilmalämpötila-anturi\* VIA-DU-A10



Anturin tyyppi	PTC
Suojausluokka	IP54
Liittimet	1,5 – 2,5 mm <sup>2</sup>
Kaapelin halkaisija	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> , maks. 100 m (ei mukana vakiopakkausessa)
Lämpötilan kesto	–30 – +80 °C
Asennus	Seinäasennus

\* Ei tarvita, ellei "jäätävän sateen varoitus" ole asennossa "paikallinen ilmaisu".

## Kytkentäkaavio



ViaGard MI:n yhteydessä on käytettävä vikavirtasuojaus (rcd) 30mA.

- \* Käyttökohteesta riippuen voidaan käyttää yksi- tai kolmenapaisia virrankatkaisimia tai kontaktoreja.
- \*\* Lisävaruste ja voidaan aktivoida BMS:ssä.

Ulkoilman lämpötilan anturi tarvitaan vain, jos jäätävän sateen valikossa on valittu parametri "paikallinen ilmaisu". Kun on valittu sääennuste, näihin liittimiin on kytkettävä lisälaitteen potentiaalivapaat koskettimet.

## LIITE 11: TRACECALC PRO LASKENNAN TULOKSET

**Pipe Data:**


---

Heat Loss:	11,7 W/m
Total Heater Length:	124,40 m
for Piping:	110,00 m
for Valves [2]:	2,12 m
for Supports [55]:	8,25 m
for Flanges [0]:	0,00 m
for Drains/Vents [0]:	0,00 m
for Misc.:	0,00 m
for Terminations:	4,00 m

**Heater Data:**


---

Catalog No.:	SBTV2-CT
Power Output:	17,7 W/m
Trace Ratio:	1,00
Cable Set Qty:	2
Sheath Temp.:	85 °C (T-rating)
Max. Circuit Length:	111 m
Min. Controlled Pipe:	14 °C (nominal)
Max. Controlled Pipe:	50 °C (nominal)
Uncontrolled Pipe:	52 °C (maximum)
Contact Temp.:	N/A °C

**Electrical Data:**


---

Pipe Segment Oper. Load:	2,40 kW
Circuit Operating Load:	1,20 kW
Circuit Operating Current:	4,6 A
Circuit CB Current:	8,7 A
Circuit Length:	60,2 m

## LIITE 12: HARJOITUSTEHTÄVÄN TARVIKELUETTELO



TraceCalc Pro [2.5.00 - E019]

Page 1 / 1  
5.5.2014 12:35:40

## Bill of Materials

Project Name: Sprinkleriputki  
 Project No:  
 Customer: Tehdas Oy  
 Customer Reference:

File Name: ,  
 Filter Condition: ,

Catalog Number	Description	Qty
5BTV2-CT	Raychem Self-Regulating Heating Cable	124,4 m
E-100-E	End seal, above insulation, ATEX	2 each
JBS-100-E	Single entry power connection, ATEX	2 each
GT-66	Glass Tape (20m/roll) (not for stainl. steel pipes)	5 each
LAB-ETL-SF	Warning Label - Finnish	37 each
PSE-090	Pipe Strap for 1 1/4 to 3 (40-90mm)	4 each

Lines included in this report: 1

Total lines available: 1

## LIITE 13: SOVELLUKSEN SAATEKIRJE

## Saatekirje

Tervetuloa Raychem-lämpökaapeleiden maailmaan!

Tämä on Raychem-lämpökaapeleiden ammatti- ja ammattikorkeakoululle tarjoama veloitukseton opintomateriaali lämpö- ja sulanapitoratkaisuista.

Materiaaleja ei saa muuttaa, kopioida tai muuten väärinkäyttää.

Esitys ja materiaaliluettelo on tehty vuoden 2014 aineiston pohjalta, esityksiä ei täydennetä automaattisesti. Materiaali ei ole asennusohje, kustakin tuotteesta löytyy virallinen asennusohje. Tarvittaessa lisätietoa löytyy:

<http://www.pentairthermal.fi/>

Palvelukeskus: 0800 116799

## Sovelluksen asennusohjeet

Sinun ei tarvitse olla tietokoneesi järjestyksenvalvoja asentaaksesi ohjelman. Tietokoneeseen tulee olla asennettu Microsoft PowerPoint 2010.

## Windows 7

Klikkaa kuvaketta "Asennus" asentaaksesi ohjelman. Ruudulle ilmestyy asennusikkuna, jossa kerrotaan asennuksen voivan kestää muutamia minuutteja. Sovellus luo kansion "Raychem" tietokoneen C-asemalle ja siirtää sinne tarvitsemansa tiedostot. Ohjelma luo pikakuvakkeen työpöydälle. Kun asennusikkunaan ilmestyy teksti "Asennus onnistui. Paina jotakin näppäintä sulkeaksesi asennusikkunan", voit sulkea asennusikkunan ja käyttää sovellusta työpöydän pikakuvakkeesta.

## Tiedostot

Sovelluksen käyttämät tiedostot löydät muistitikulta kansiota "Tiedostot" ja asennuksen jälkeen tietokoneesi C-asemalta kansiota "Raychem" ja "Sovellus" (C:\Raychem\Sovellus). Kansiota löydät PowerPoint-materiaalit, esitteet ja videot. Tiedostoja voi tarkastella myös tätä kautta.

## Ohjelman poisto

Ohjelma poistetaan poistamalla tietokoneen C-asemalta kansio "Raychem" ja poistamalla pikakuvake "Raychemin lämpö- ja sulanapitoratkaisu" työpöydältä. Nämä toimenpiteet poistavat koko sovelluksen tietokoneesta.